

الزراعة بدون أرض

تقنيات الغشاء المغذي

NUTRIENT FILM TECHNIQUE

أ. د. ماهر جورج نسيم

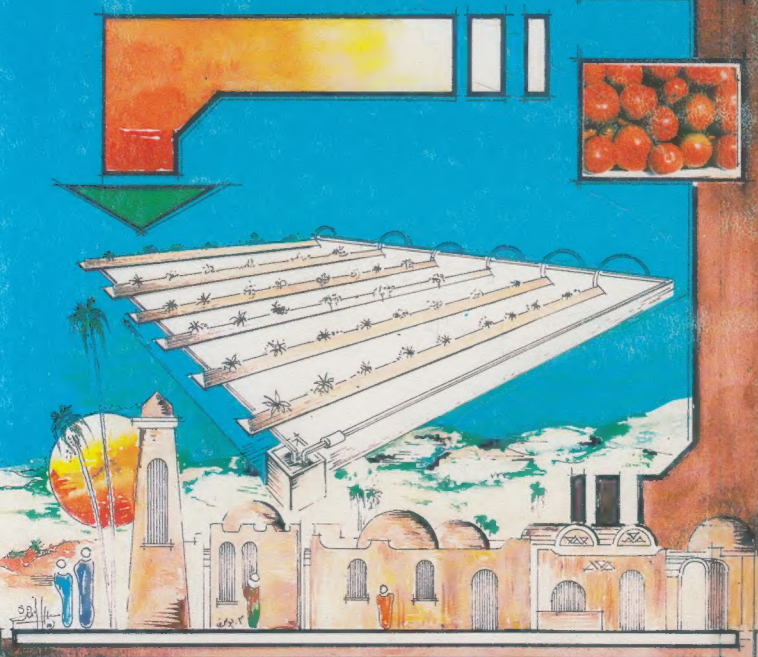
كلية الزراعة

جامعة الإسكندرية

أ. د. عبد المنعم بليغ

كلية الزراعة

جامعة الإسكندرية



الناشر
مركز بحري رشيد
بالإسكندرية

الناشر: منشأة المعارف بالاسكندرية

جلال حزى وشركاه

٤٤ ش سعد زغلول الاسكندرية تليفون/فاكس : ٤٨٣٣٣٠٣

الزراعة بدون أرض

تقنيات الغشاء المغذي

NUTRIENT FILM TECHNIQUE

أ. د. ماهر جورج نسيم

كلية الزراعة
جامعة الإسكندرية

أ. د. عبد المنعم بلع

كلية الزراعة
جامعة الإسكندرية

الناشر / منتديات
جمال حزي وشركاه
الإسكندرية

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

محتويات الكتاب

الباب الأول تعريف الزراعة بدون أرض

صفحة

١٩	عرض لتطور الزراعة بدون أرض
٢٧	طرق الزراعة بدون أرض
٢٧	الهيدروپونيكس
٣٧	البيئات الخاملة
٤٥	الغشاء المغذى

الباب الثاني كيف يتغذى النبات

٥١	التركيب الكيميائي للنبات
٥٥	العناصر الضرورية لتغذية النبات
٦٧	امتصاص النبات للعناصر المغذية
٧٣	المحاليل المغذية في تقنيات الغشاء المغذى

الباب الثالث نظام الغشاء المغذى

٩٧	الوصف العام
٩٩	مكونات نظام الغشاء المغذى
١٠٣	مقارنة التدفق من خزان علوى بالضغط المباشر
١٠٦	ترشيح الماء
١٠٧	تفريغ نظام الغشاء المغذى
١٠٨	دوران المحلول المغذى
١١١	سمية المواد المستعملة

١١٣	قنوات الغشاء المغذى
١٣١	تثبيت النباتات الصغيرة فى القنوات
١٣٥	استعمال حصيرة شعرية فى القنوات
١٣٦	استهلاك النباتات من الماء
١٣٨	تقنية الغشاء المغذى كطريقة للرعى
١٤٠	نز الجذور وتثبيت النيتروجين

الباب الرابع

خدمة وحدات الزراعة بالغشاء المغذى

١٤٥	متابعة وضبط المحلول المغذى
١٤٥	درجة حموضة المحلول المغذى
١٥٦	درجة تركيز المحلول المغذى
١٧٤	التحكم الأوتوماتيكى فى درجتى الحموضة والتركيز
١٧٦	متابعة دوران المحلول المغذى
١٧٩	حرارة المحلول المغذى
١٩٣	متابعة الحالة الغذائية للنباتات
١٩٣	تشخيص نقص العناصر المغذية
١٩٨	تحليل الأنسجة النباتية
٢٠٦	التسميد بثنائى أو كسيد الكربون
٢١٦	منظمات النمو
٢٢٠	البيوت الزراعية (الصوبات)
٢٢٨	اعداد الشتلات
٢٣٠	زراعة الأنسجة
٢٥٢	الإصابة بالأمراض ومكافحتها

الباب الخامس

استخدامات تقنيات الغشاء المغذى

٢٥٩	انتاج نباتات القصارى
٢٦١	التحكم الكامل فى ظروف النمو
٢٦٤	قنوات الغشاء المغذى الرأسية
٢٦٦	انتاج الأصول المقساه
٢٦٧	الاستخدام المنزلى للغشاء المغذى
٢٧٢	الغشاء المغذى فى الحدائق المنزلية
٢٧٧	انتاج الأبصال والمسطحات الخضراء
٢٧٩	انتاج نباتات الزينة والدوائية
٢٨١	انتاج بعض حاصلات الخضر بنظم الغشاء المغذى
٢٩٥	نظم الغشاء المغذى وتسويق المنتجات
٢٩٦	استخدام الغشاء المغذى فى انفاق الفراولة
٢٩٧	انتاج علائق الحيوانات
٣٠١	استخدام قنوات الغشاء المغذى فى ظروف صعبة
٣٠٥	زراعة الأشجار تحت ظروف نمو ملائمة
٣٠٧	انتاج المطاط والصمغ
٣٠٨	انتاج مصادر الطاقة
٣١٠	تنقية المياه

الباب السادس

مستقبل تقنيات الغشاء المغذى

٣١٧	تقنيات الغشاء المغذى الأصلية
٣١٨	الجيل الثانى من تقنيات الغشاء المغذى

بسم الله الرحمن الرحيم

مقدمة الكتاب

كان نقل التقنيات الحديثة في مجال الزراعة أحد أهدافنا الدائمة امتدادا لنشاطنا الأصلي باجامة ، وتحقيق هذا الهدف كانت كتبنا « خصوبة الأراضي والتسميد » و« استصلاح وتخصيب الأراضي » و« فحص الأراضي » التي أستهدفت بالإضافة إلى الناحية الأكاديمية توضيحا للتقنيات الحديثة المتبعة في هذه المجالات بحيث يستطيع القارئ الممارس للزراعة الاستفادة منها فضلا عن دارسي علم الأراضي .

وبعد أن سلكت مصر طريق الانفتاح الاقتصادي ، انعكس ذلك على المجال الزراعي ، فالزراعة نشاط اقتصادي أولا وأخيرا ، فكان انتشار البيوت الزراعية (الصوبات) على اختلاف مستوياتها التقنية من أوضح ما يتميز به النشاط الزراعي في السنوات العشر الأخيرة ، وإذا كنا قد تأخرنا بعض الوقت في إصدار كتابنا « الزراعة المحمية » إلا أنه خطوة للحاق بالتقنيات الحديثة التي ذاعت في العالم الخارجي شرقه وغربه خصوصا بعد أن دخل العالم العربي هذا الميدان ، وكان هدفنا منه أن يجد ممارسو هذا النشاط بمصر والبلاد العربية وصفا دقيقا لعملياته المختلفة .

وحرصنا ألا نتأخر في مجال « الزراعة بدون أرض » وقد انتشرت تقنياتها في الغرب المتقدم ، ولذا بادرنابا إصدار كتابنا هذا حتى يمهّد الطريق لهذه التقنيات الزراعية المتقدمة والتي تعتبر وسيلة فعالة في زيادة إنتاج الغذاء بصفة عامة وفي البيوت الزراعية بصفة خاصة ، وقد أشرنا إلى هذه التقنية في كتابنا « الزراعة المحمية » غير أننا شعرنا أن هذا الموضوع وقد حقق في السنوات الأخيرة تقدما كبيرا يستلزم كتابا خاصا يصف تفاصيل هذه التقنيات بشكل مبسط لا يصعب على أي مشتغل بالزراعة متابعتها وتفهمه خصوصا وأن في مصر والعالم

المعروف بـيوتا زراعية — صوبات — تستخدم تقنيات متقدمة منها الزراعة بدون
رض كما هو حادث فعلا ومنذ عدة سنوات بالكويت وغيرها من دول
الخليج .

وسوف يلاحظ القارئ في كتابنا الحالي « الزراعة بدون أرض » أننا قد
أعطينا لتقنيات الغشاء المغذى "NFT" Nutrient Film Technique مكانا
فسيحا ، وذلك لأن هذه التقنيات قد أثبتت نجاحها من عدة نواح من بين
طرق الزراعة بدون أرض .

— فقد تغلبت على مشكلة تهوية الجذور التي تعترض نجاح الزراعة في
المحاليل « الهيدروپونيكس » ،

— أن إنتاجية النباتات بهذه الطريقة تزيد كثيرا عن إنتاجيتها بالتربة والمواد
الخاملة مما يبرر استخدامها ويحرض ما يتفق على تنفيذها ،

— أن احتمالات تطويرها كبيرة حتى أن شركة كبرى مثل « جنرال
موتورز » تخطط لاستخدامها في سفن الفضاء .

وقد أوضحنا في باب خاص من كتابنا الاستخدامات الناجحة لتقنيات
الغشاء المغذى ، زما على القارئ إلا أن يلقي نظرة سريعة على قائمة هذه
الاستخدامات ليعرف أنه يمكن أن تستخدم في جميع أنواع النشاط الزراعي
التجاري والتزوين (الديكور) المنزلي ، ويعتبر العاملون في مجال نباتات الزينة
من أكثر الطوائف استخداما لهذه الطريقة .

وسوف يتبادر إلى ذهن القارئ تساؤل هام وهو ما الذي يدعو إلى
استخدام تقنيات الغشاء المغذى — باعتبارها أكثر طرق الزراعة بدون أرض
نجاحا — والعزوف عن استخدام الأراضي الزراعية ، وهل يعني شيوع تقنيات
الغشاء المغذى تبوير الأرض وعدم استزراعها ؟؟

وللإجابة على هذا التساؤل نقول إن أصحاب البيوت الزراعية
(الصوبات) يعرفون أن الزراعة بأرض هذه البيوت أمر غير مضمون ويقتضي

تعميق التربة بعد كل محصول تجنباً لما تحتويه من مسببات الأمراض وتجهيز وسائل
للرى وأخرى للصرف فضلاً عن أن خواص التربة نفسها قد لا تكون
ملائمة ، وكثيراً ما يلجأ أصحاب هذه البيوت إلى إستبدال الأرض بالمواد
الخاملة .

ونظام الغشاء المغذى بتجهيزاته يتجنب كل متاعب التربة ويزيد إنتاجه
كثيراً عن إنتاجية التربة وكذا عن إنتاجية البيئات الخاملة فضلاً عن أنه يتخلص
تماماً من تجهيزات الرى والصرف بمختلف أنواعها وتكلفتها . ولذلك فإن
أصحاب البيوت الزراعية هم أهم الطوائف التى استخدمت الغشاء المغذى فى
إنتاجها .

ويلجأ إلى نظام الغشاء المغذى فى حالات الحاجة إلى إنتاج الخضر فى المناطق
النائية حيث لا تتوفر الظروف المناسبة لإنتاج الخضر بالطرق المعتادة خصوصاً
حول المناجم وآبار البترول وقد لجأ الجيش الأمريكى إلى استخدام هذا النظام
لإنتاج الخضر لتغذية جنوده باليابان بعد أن لوحظ أن الخضر التى تشتري من
السوق مريوة بماء المجارى وناقلة لبعض الأمراض .

كما أن إنتاج العلائق الخضراء على مدار السنة وفى الأجواء غير الملائمة
باستخدام الغشاء المغذى لتغذية قطعان الأبقار أصبح وسيلة شائعة فى بعض
البلاد العربية .

أما أن شيوع تقنيات الغشاء المغذى تعنى العزوف عن استزراع الأرض
وتبويرها فأمر غير متوقع ، وستظل الأراضى الزراعية المصدر الرئيسى للإنتاج
الزراعى .

وكتابتنا الخالى — الزراعة بدون أرض — يصف بإسهاب الأسس التى تقوم
عليها تقنيات الزراعة بدون أرض بوجه عام وتقنيات الغشاء المغذى « NFT »
بصفة خاصة . وقد أفردنا باباً خاصاً لما يتصل بتغذية النبات من المحاليل وتجهيز
هذه المحاليل المغذية مع التركيز على الناحية التنفيذية ، كما أفردنا باباً آخر لمتابعة

المهلول المغذى طوال فترة نمو النبات حتى يظل ييفة ملائمة للنبات وقادرة على تغذيته . ومتابعة الحالة الغذائية في النبات نفسه سواء بمتابعة وملاحظة ما قد يظهر على النبات من أعراض ظاهرية أو بتحليل أوراق النبات للتعرف إلى ما قد يكون ناقصا من العناصر عن الحد الضروري أو ما يكون زائدا عن حد احتمال النبات لهذه الزيادة ، وقد راعينا سواء في إجراء التقديرات الضرورية لمتابعة المهلول الغذائى أو لمتابعة حالة النبات الغذائية شرح طرق التقديرات دون الخوض في النواحي الأكاديمية المتخصصة .

كما أفردنا بابا خاصا لإعداد شتلات النباتات التى سوف تكمل حياتها بأى طريقة من طرق الزراعة بدون أرض ، وأعطينا في هذا الباب قسطا وافرا من اهتمامنا لإحدى التقنيات الحديثة الهامة والتى سبقنا الغرب المتقدم إليها وأصبحت تمارس على نطاق تجارى — فضلا عن البحوث العلمية — منذ عدة سنوات ألا وهى « زراعة الأنسجة » وقد بدأت مصر ممارسة هذه التقنية على نطاق تجريبى وتطبيقى في بعض جامعاتها ، والأمل كبير بإذن الله أن يزداد الاهتمام بهذه التقنيات حتى يصبح استخدامها على نطاق تجارى واقعا يؤكد عزم الزراع المصريين والعرب على التقدم بمهنة الزراعة إلى مستوى التقنيات المعاصرة .

والكتاب الحالى — الزراعة بدون أرض — ثمرة قراءات ومشاهدات بمصر وبعض الدول العربية والولايات المتحدة الأمريكية ، وقد اعتمدنا فيما أوردنا فيه من بيانات ونتائج التجارب والخبرات على ما نشره دكتور الن كوبر **Dr. Allen Cooper** مدير تقنيات الغشاء المغذى بالإنجلترا **Managing Director of Nutrient Film Technology Ltd.** والذى يعتبر المصدر الأساسى لكل ما يتصل بتقنيات الغشاء المغذى لطول ممارسته له وكثرة ما نشره عنه سواء في كتابه **Nutrient Film Technique** أو في الدوريات العلمية المتخصصة . وكذا دكتور **A. H. Phillips** وما نشره على مدى سنوات طويلة وكتابه عن البستنة بدون

أرض Gardening Without Soil هذا بالاضافة إلى عدد من المراجع المتخصصة في المجالات ذات الصلة الوثيقة بالموضوع الأصلي للكتاب سواء في تغذية النبات أو غيره من المجالات .

وقد حرصنا على الدقة العلمية وسهولة التعبير مع البعد عن التفاصيل التي لا تهم غير الدارسين المتخصصين ، فنحن نكتب للزراع المتتور الذي أدخل أكثر البيوت الزراعية تقدما ، ولم يشبط عزمه أن الزراعة التي يمارسها الملايين من حوله زراعة متخلفة تمارس طرقا وتقنيات قديمة ، وهدفنا الأساسى هو إتاحة الفرصة لهؤلاء الزراع والرواد للتعرف إلى تقنية زراعية حديثة .

ونحن إذ نقدم هذا الكتاب للمكتبة العربية نرجو أن نكون قد وقفنا لما قصدنا إليه وأن نكون قد أدينا أمانة قبلنا حملها والاضطلاع بها منذ قبلنا العمل بالسلك الجامعى بأن نكون وسطاء لنقل المعرفة والتقدم فى كل ما يتصل باستخدامات الأراضى والمياه .

والله ولى التوفيق .

المؤلفان

الأسكندرية - فبراير ١٩٩٥

الباب الأول

تعريف الزراعة بدون أرض

عرض لطور الزراعة بدون أرض

طرق الزراعة بدون أرض

— الزراعة المائية

— الزراعة في البيئات الحاملة

— الزراعة بنظام الغشاء المغلدى

عرض لطور الزراعة بدون أرض

استخدام الماء الذى أضيف إليه المغذيات فى تنمية النباتات لأغراض أكاديمية منذ القرن السابع عشر على الأقل والشائع أن روبرت بويل Robert Boyle الإيرلندى المنشأ أول من استخدمه ، الذى كتب سنة ١٦٦٦ ، وقد حاولت تنمية النباتات فى أوعية مملآ بالماء فقط وقد لاحظت أن نباتات الفنكا Vinca pervina و Raphanus aquatics والنعناع Spearmint قد نمت جيدا فيه غير أن بعضها كان مجرد أجزاء بدون جذور ، وقد ترك كثير منها طوال الخريف ومعظم الشتاء فى الماء ، وعندما أخرجت منه فى أواخر يناير كانت خضراء وذات مجموع جذرى متوسط خصوصا أحد أفرع Raphanus aquaticus الذى ظل فى الماء تسعة أشهر كاملة دون أن يذبل رغم أنه قضى الشتاء كله ، وقد أخرج العديد من الجذور اللينة وبعض البراعم الخضراء وزاد وزنه .

وقام وودوارد Woodward فى إنجلترا بتنمية النعناع Spearmint فى الماء المضاف إليه كميات صغيرة من التربة ، والذى لم يضاف له شيء ، وقد ذكر أن إضافة التربة إلى الماء قد زادت نمو النبات .

لم يتقدم استخدام الماء المضاف إليه مغذيات فى تنمية النباتات ذات الجذور بعد ذلك حتى ١٨٥٩ عندما بدأ الباحثان الألمانيان Knop و Sachs دراستهما عن تغذية النبات ، وقد استخدمت هذه الطريقة — الماء المضاف إليه مغذيات — منذ ذلك الوقت مرارا لأغراض أكاديمية وأصبحت معروفة ببيئة « المحلول المغذى » أو « بيئة الماء » .

وكان Gericke بجامعة كاليفورنيا أول من حاول الاستخدام التجارى لبيئة المحلول المغذى ، قضى سنة ١٩٢٩ وصف طريقة صنع خزان دى عمق ١٥ سم وعرضه ٦١ سم وطول ١٠,٧٦ م من ورق الأسقف المعامل بالبيتومين فوق أرض مستوية ، وقد غطى سطح الخزان بشبكة من السلك

يعلوها طبقة من الشمع ثم طبقة سمكها ١,٢٥ سم من الرمل ، وقد ملئ
 الخزان بالملحوظ المغذى وغرست بالدرات النباتات في طبقة الرمل ، ويذكر
 جريك Gericke أن ما حصل عليه من نتائج يبرر التفكير في استخدام هذه
 الطريقة في إنتاج المحاصيل وقد سجل طريقته سنة ١٩٣٣ تحت رقم
 ١,٩١٥,٨٨٤ بعنوان « وحدة تنمية النباتات في الماء » وفي سنة ١٩٣٥ بدأ
 عدد من منتجي الخضار والزهور اختبار الاحتمالات التجارية لهذه الطريقة على
 نطاق كبير نسيبا بإشراف جريك Gericke وكانت مساحة أكبر هذه المحاولات
 نحو فدانين ، وبعد ستين نشر Gericke بحثا ناقش فيه الاسم الملائم لهذه الطريقة
 الجديدة في الإنتاج . وقد استخدم سنة ١٩٢٩ تعبير « Aqua Culture » غير
 أن هذا الاسم كان يستخدم ليصف تنمية النباتات المائية والحيوانات البحرية ،
 واستقر تعبير « البيئة المائية » وه بيئة المحلول المغذى Water Culture
 و Solution Culture ، ليصفا تنمية النباتات في محاليل مغذية لأغراض أكاديمية .
 ثم اقترح Setchall بجامعة كاليفورنيا التعبير « هيدروپونيكس Hydroponics »
 (من Hydro وهي الماء و Ponos أى العمل) كمقابل للفظ اليوناني
 Geoponics الذى يعنى الزراعة فى الأرضى ، وبذا استخدم لفظ هيدرونيكس
 ليعبر عن تنمية النباتات بمجذورها فى المحاليل المغذية ليميزها عن تنمية النباتات فى
 التربة ، وقد أبرز هذا التمييز فى عنوان بحثه Hydroponics : Crop production
 « in liquid culture media » وقد استخدمت طريقة جريك Gericke لإنتاج
 المحاصيل بيئة صلبة فهو الجذور إذ غطى خزان المحلول بطبقة صلبة (الرمل)
 كييفة فهو الجذور مرتكزة على شبكة من السلك فوق المحلول المغذى وهو ما
 وصفه Gericke فى كتابه عام ١٩٤٠ ، ولو أن طبقة نمو الجذور كانت ضحلة
 وكان الغرض الأساسى منها أن تعمل كمرقد للبذور وتوفر تثبيت النباتات
 ولتحافظ على إظلام المحلول . ولم يغير جريك هذا النظام منذ أن اقترحه سنة
 ١٩٢٩ وما وصفه بعد ذلك كان هو نفس النظام ما عدا بعض التعديل فى
 التفاصيل مثل استبدال الرمل كييفة فهو الجذور بمزيج من فضلات الخشب
 ونشارة الخشب والقش والتربة .

ويرى كوبر Cooper أن نظام جرريك Gericke ليس هيدرولوجياً حقيقياً (تسمية المحاصيل في بيئة سائلة تنمو الجذور بها) لأنه يستخدم كلا من البيئة الصلبة والسائلة نمو الجذور ، ولو أن حجم البيئة الصلبة أصغر من حجم البيئة السائلة وأن اليعتين منفصلتان عن بعضهما .

حاول ملك كول McCall الباحث الأمريكي سنة ١٩١٦ أن يتخذ من مزايها البيئات المائية في دراسة تغذية النبات مع الاحتفاظ ببعض الخصائص الفيزيائية للتربة فزرع النباتات في الرمل الذي أضيف إليه المحلول المغطى . وفي سنة ١٩٢٨ ذكر Robbins — الذي كان يعرف محلولات McCall — أنه نجح في تنمية عدد من المحاصيل في الرمل في صورة زجاجية ، ولفت الأنظار إلى أن تنمية النباتات في الرمل الذي أضيف إليه محلول مغذٍ لم يجرب بما فيه الكفاية . وأكد أن استخدام « البيئة الرملية » جذير بأن يختبر بغرض الإنتاج التجاري للمحاصيل في الصوبات الزجاجية ، أى قبل اقتراح جرريك Gericke باستخدام الماء في إنتاج المحاصيل بهام وقد اقترح Robbins البيئة الرملية لنفس الغرض . وفي نفس الوقت تقريباً كان أمريكي آخر من جامعة ولاية لوهايو — A. Laurie — يستخدم البيئة الرملية وأشار سنة ١٩٣١ إلى إمكان استخدام هذه البيئة في الإنتاج التجاري للمحاصيل متى عرفت تفاصيل احتياجاتها الغذائية . وفي سنة ١٩٣٥ وصف Bieckart and Commors من محطة التجارب الزراعية في نيوجرسي New Jersey طريقة لزراعة القرنفل Carnation في الرمل الذي أضيف إليه محلول مغذٍ على فترات ، وأضيف الماء فيما بين إضافات المغذيات .

وفي سنة ١٩٣٦ اقترح Eaton من وزارة الزراعة الأمريكية بعض التجهيزات لتنمية النبات في مرآة من الرمل مع إضافة محلول مغذٍ على فترات محددة إلى سطح الرمل بواسطة مضخة تعمل ذاتياً ، ويعود المحلول الزائد المنصرف بواسطة الجاذبية . مرة أخرى إلى الخزان ، وفي نفس السنة (١٩٣٦) قام أمريكيان هما Withrow and Biebel بعمل تجهيزات للرى تحت

النسختي لمرقذ من الرمل ، فيضخ المحلول المغذي إلى المرقذ من جوان أسفلها حتى يغمر الرمل فتوقف المضخة وينصرف المحلول الزائد بالجاذبية مرة أخرى إلى الخزان ، واقتراح Shine and Robbins سنة ١٩٣٧ أن تستخدم منقطات تمد المرقذ الرملية بالمحلول المغذي بصفة مستمرة في محطة التجارب الزراعية في نيوجرسي New Jersey ، وينصرف المحلول الزائد بالجاذبية إلى الخزان ، وفي سنة ١٩٣٨ اقترح Chapman و Liebig في وزارة الزراعة الأمريكية تعديلا لتجهيزات إيتون Eaton يمكن بمقتضاه مد العديد من الوحدات بالمحلول المغذي في نفس الوقت .

وانتشر الاهتمام بالزراعة بدون تربة من أمريكا إلى المملكة المتحدة (بريطانيا) وفي سنة ١٩٣٨ قام Templeman و Watson بإجراء تجارب باستخدام تقنيات الولايات المتحدة في محطة تجارب ICI في Jealous Hill قما بزراعة الطماطم بالطريقة التي اقترحها Gericke وكذا في بيئة من الحصى باستخدام الطرق التي اقترحها Biekart & Connors و Withrow & Biebel و Shine & Roblins غير أنهما لم يحصلوا على ما يثبت أن محصول الصوبة بهذه الطرق بمائل المحصول الناتج من الزراعة بالتربة ولو أنهما أوضحا حقيقة هامة هي أن الهيدروبيونيكس لازالت في طور الطفولة ، وفي نفس الوقت تقريبا كان Mullard & Staughton يجريان تجارب على نظام جريك وذكرنا أنهما حصلوا على إنتاج من الطماطم يعادل الإنتاج من الزراعة بالتربة وعلى محصول أعلى في حالة الجلادبولس .

في سنة ١٩٤٠ كان رأى Hoagland & Arnon أن الجبل السابق لهما قد عاصر إهتماما كبيرا بإنتاج الحاصلات في الهيدروبيونيكس ، وأن مناقشة احتمالات الاستخدام التجاري لهذه الطريقة قد حظت بما يشبه الاهتمام العالمي سنة ١٩٣٧ وقد قاما بمقارنة نمو النبات في التربة والرمل والبيئة للمثية وذكرنا أن فترة النبات على النمو والإنتاج في البيئات الثلاث متساوية ، وانتهى إلى أن الناحية الاقتصادية هي التي تحدد الاستخدام التجاري للهيدروبيونيكس .

وفي مراجعة Sir John Russell للخبرات الإنجليزية بموضوع الاتاج بطريقة الهيدرولوجيكس سنة ١٩٤٥ أوضح أن الحصول الناتج من هذه الطرق لا يزيد عن الحصول الناتج من الزراعة بالتربة وأنه لا فائدة يمكن توقعها من الهيدرولوجيكس في زيادة الغذاء خلال فترة الحرب العالمية الثانية في إنجلترا .

وقام Beach سنة ١٩٤٢ بمقارنة انتاج القرنفل في بيئة من المواد الخاملة Aggregate Culture (الحصى والرمل والفرميوكولايت والفحم النباتي وفحم الكوك) وأوضح أن الحصى والفرميوكولايت كانا أفضلها .

وأدخل Stoughton سنة ١٩٤٢ بعض التعديلات على طريقة البيئة الرملية المستخدمة في إنجلترا فاستخدم مرآد من الأسمنت عمقها ١٥ سم ملأها بالرمل ونثر على سطحه مخلوطا من الكيماويات الجافة ثم رواها .

واستخدم Hicks & Tinscher سنة ١٩٤٤ هذه الطريقة في أحواض أسمتيه ضحلة طويلة وذكر أنها قد نجحت في الإنتاج التجاري للقرنفل والطماطم وحاصلات أخرى في صوبة زجاجية . واستخدم Sholto Douglas سنة ١٩٤٦ هذه الطريقة في البنجال (الهند) وقد سماها الطريقة البنجالية .

واهتم الهواة بطريقة الهيدرولوجيكس بعد الحرب العالمية الثانية ونشرت مقالات بعنوانين « بيئات الرمل المدفأ لحديقة نهاية الأسبوع » وه الحديقة الكيمايائية للهواة » فضلا عن العديد من الكتب الشعبية . وحالت الحرب العالمية الثانية دون تقدم الهيدرولوجيكس ولو أنها قد حققت بعض التقدم إذ أدت الحرب إلى أن تصبح بعض الجزر القاحلة في المحيطين الهادى والأطلنطى ذات أهمية استراتيجية وأصبح انتاج الخضر في الهيدرولوجيكس ذا أهمية لإمداد الجنود بها . ويذكر Ticquet أد الرغبة في الحصول على خضر طازجة أدت إلى استخدام سلاح الطيران الأمريكى للهيدرولوجيكس فقام في سنة ١٩٤٥ ببناء وحدات كبيرة في جزيرة Ascension ثم بناء وحدات مساحتها ٥٥ فدان باليابان بعد انتهاء الحرب مباشرة ليتجنبوا الأمراض التي نتجت عن تغذية

الجنود بخضر مسندة بمخلفات آدمية ، فظروف الحرب غير العادية قد ساعدت على تقدم الهيدروبوليكس رغم النتائج غير المشجعة من الناحية الاقتصادية التي سبق الحصول عليها كما استمر التقدم بعد انتهاء الحرب ، وفي سنة ١٩٦٩ قام Stoughton بتقويم الموقف لمنظمة الأغذية والزراعة FAO ، وقد اتضح أن النظام الذي اقترحه حريك Gericke لم ينجح لصعوبة تهوية المحلول بدرجة ملائمة وصعوبة تثبيت النباتات ، وتقدمت عليه طريقة Robbins باستخدام بيعة خاملة - الرمل - ثمو الجذور مع إضافة المغذيات ، وأقترحت مواد متعددة كيفية صلبة لثم الجذور منها الرمل والحصى والبيت واليوميس وقطع الفخار ودخلت جميعها تحت تعبير بيعة المواد الحاملة . وقد انتشر نوعان من بيعة المواد الحاملة ، البيعات المفتوحة والمغلقة .

وفي نظام بيعة المواد الحاملة المفتوح يضاف المحلول المغذى إلى البيعة وتنصرف الزيادة من السائل خارج النظام (بدون تجميع) ، أما في نظام بيعة المواد الحاملة المغلقة Closed System فترطب الجزيمات بالمحلول المغذى ويستقبل الزائد منه في خزان ليعاد استخدامه ، وفي النظام المفتوح لا تكون المراقد التي تحتوى الجزيمات مصمتة غير منفذة للماء ويضاف المحلول إما على دفعات إلى سطح الجزيمات وينصرف متخللا لها أو أن يتدفق على فترات أيضا على سطح قاع المراقد ويتم ترطيب الجزيمات بالخاصة الشعرية ، أما في النظام المغلق فالمحلول يتدفق على سطح قاع المراقد التي تكون عادة غير منفذة للماء ويتم ترطيب المواد الحاملة أيضا بالخاصة الشعرية ، وفي بعض الأحيان يزداد ترطيب المواد الحاملة بغلق مخارج المحلول من المراقد ليرتفع المحلول في طبقة المواد الصلبة بغرس أنابيب ذات تقوُب أو غلق أنابيب الصرف عند القاع ، ويطلق على هذه الوسائل التي يمراد بها ترطيب البيعة الصلبة من أسفل تغييرات مختلفة مثل نظام الكاسكاد Cascade أو نظام الفلوم Flume System أو نظام السيفون الأوتوماتيكي Automatic Syphon System .

وعزا Stoughton عدم نجاح البيئة المائية تجاريا لصعوبة تهوية المحلول وتثبيت النباتات — بأعداد كبيرة — في محلول ثابت .

ورغم هذه الأفكار المتضاربة ، فإن قلة المجهودات لتطوير إنتاج المحاصيل في بيئة مائية حقيقية — أى بدون أى وسط صلب — قد أدت إلى احتمال حدوثى بذل مزيد من الجهد في هذا المجال .

وقد بذل هذا الجهد حديثا — في السبعينات بواسطة Cooper في إنجلترا بعد ما بذله de Stigter في مركز بحوث فسيولوجيا النبات بهولندا Plant Physiological Research Centre الذى قام بتنمية النباتات في غشاء من المحلول المغذى الذى يدار لإعادة استخدامه Recirculating Film ، وقد قام بذلك كوسيلة بحثية ليتمكن من تصوير المجموع الجذرى في دراسته عن انتقال نواتج التمثيل الضوئى باستخدام الكربون المشع ، فهو لم يطور التقنية التى اقترحها لإنتاج المحاصيل تجاريا ، وحتى سنة ١٩٦٩ كان لا يزال يستخدم طريقته كوسيلة بحثية . وفي مناقشة كوبر Cooper معه عن إمكانية استخدام هذه التقنية ، كتب يقول ، إن الإمكانيات الأساسية هي الملاحظات والتسجيل لنمو الجنور وعمل الصور الاشعاعية لمجموعات جذرية دون تدخل خارجى .

والواقع أن أعظم الإمكانيات كانت التكلفة الرأسمالية القليلة لهذه الطريقة واستخدامها في الإنتاج التجارى للمحاصيل على نطاق واسع في المساحات التى لا يمكن الاستفادة منها بطرق الزراعة المعتادة . وهذا ما توصل إليه Cooper باستخدام تقنيات الغشاء المغذى سنة ١٩٧٣ . وبهذا ذلك بثلاثة أعوام نشرت مجلة American Vegetable Grower أن إحدى الشركات في ولاية فلوريدا قد توصلت إلى طريقة للغشاء المغذى مستقلة عما نشر في إنجلترا وأنها تسعى لتسجيل هذه الطريقة .

طرق الزراعة بدون أرض

(١) الزراعة المائية Hydroponics

الزراعة المائية هي الزراعة التي لا يوجد فيها وسط صلب نمو الجذور . وقد أوضحنا أن كلمة الهيدروبونيكس Hydroponics كلمة يونانية تعنى الزراعة (أو العمل) بالأرضى وقد اقترح W. A. Setchell هذه الكلمة « هيدروبونيكس » لتعبر عن تنمية النباتات بمحورها في المحاليل المغذية يميزها عن تنمية النباتات في التربة .

كما توجد أسماء أخرى مثل الزراعة الكيميائية وزراعة التانكات Tank Farming وبستنة الصواني Tray Horticulture .

ويمكن ممارسة الهيدروبونيكس في العراء أو داخل البيوت الزراعية أو داخل المساكن ، وعلى أبسط مظاهرها تنمية النباتات في وعاء به ماء وبعض الأملاح .

الأوعية

أهم مواصفات الأوعية المستخدمة في الهيدروبونيكس هي ألا تنفذ الماء وألا تصدأ وأن تكون غير ملوثة بأية جراثيم ورخيصة التكلفة ويحسن أن تكون سهلة النقل .

ويمكن أن تصنع هذه الأوعية من الخشب أو الأسمنت أو الحديد أو الصلب أو بمعنى آخر من أية مادة إلا أن تكون من المعادن المجلفنة إذ يدخل في هذه الجلفنة عادة معدن الزنك الذى يسبب تسمما للنباتات ، وحتى مجرد طلاء هذه الأوعية بطلاء يدخل فيه الزنك يسبب تسمما للنباتات خصوصا إذا تقشر الطلاء .

(١) الأوعية الخشبية

يمكن صناعة هذه الأوعية من أى نوع من الخشب ماعدا الأنواع التى تحتوى الزيوت العطرية مثل خشب السدر Cedar أو التى تفرز صبغة مثل الخشب الأحمر Red Wood ، ويمكن معالجة هذه الأنواع من الأخشاب وغيرها بطلائها بمادة تمنع نفاذ الماء خلالها — وبالتالي لا تنفذ الزيوت العطرية أو الأصباغ — وبذا يمكن استعمالها فى صناعة الأوعية .

والوعاء الخشبي لا يقل سمكه عن ٢,٥ سم ولا يزيد طوله عن ١٨٠ سم فإذا زاد عن ذلك يجب تقويته بهوارض مستعرضة ، ويتم المعالجة لمنع نفاذ الماء بواسطة الأسفلت وليس بالقطران ويتم ذلك بالأسفلت الساخن أو بطلاء أسفلتي أو بأسفلت بترولي ويجب تجنب أى طلاء يحتوى الرصاص أو الباريوم وكذا مواد الطلاء الفنية بالزيوت وقد يطل السطح الخارجى للأوعية الخشبية المصنوعة من خشب الصنوبر بالبرافين لتجنب التآكل ..

(٢) الأوعية الأستمية

لهذه الأوعية صفات ملائمة بصفة عامة ويجب أن تغطي من الداخل بالأسفلت وأن يسبق عملية الطلاء ملء الأوعية الأستمية بالماء وتركه فيها عدة أيام ثم يصرف الماء ويكرر ذلك عدة مرات حتى يظل لون ورقة عباد الشمس متعادلا (بنفسجيا) ويمكن الإسراع بعملية الفسيل بإضافة قليل من حامض الكبريتيك المخفف لماء الفسيل . وتساعد عملية الفسيل هذه على منع تشقق طلاء الأسفلت حتى لا يلامس المحلول الأستمت .

(٣) الأوعية الحديدية

تتميز لهذه الأوعية الحديدية أو العلب عن غيرها بأنها غير منقذة للماء وسهلة النقل ، غير أنها أكثر كلفة ولو أنها أطول عمرا ، ويجب ملاحظة تنظيف جميع مواضع اللحام فى هذه الأوعية ، إذ كثيرا ما يستخدم فى اللحام

مواد ضارة بالنباتات ، وكذا يجب تجنب طلاء الأوعية بطلاء يخترق الرصاص
أو زيت الكتان .

وتتطلب هذه الأوعية أيضا كما سبق بطلاء أسفلتي ، ومن الضروري عزلها
حتى لا تفقد الحرارة ويتم ذلك بتغليفها من الخارج بغلاف معدني أو خشبي
ووضع مادة عازلة للحرارة بين الغلاف الخارجي وجسم الوعاء .

ومن الممكن استخدام أوعية ذات الحجم الذي يناسب الغرض المقصود ،
وبصفة عامة فأبعاد الوعاء الملائم لكثير من الأغراض هي : العمق ٢٠ سم
العرض ٧٥ سم والطول ١٨٠ سم ، ويسع هذا الوعاء نحو ١٢٥ لترا من
المحلول المغذي باعتبار أن ارتفاع المحلول في الوعاء نحو ١٠ سم . ولا يوجد
قاعدة معينة لأبعاد الوعاء إلا أن العمق لا يزيد عادة عن ٣٠ سم ، كما أن
سهولة النقل تقتضي ألا يزيد الطول عن ١٨٠ سم ، وبصفة عامة يكون
التحكم في محتوى المحلول في الأوعية الصغيرة أسهل منه في الأوعية الكبيرة ،
كما أن نفقات التدفئة تقل كثيرا في الأوعية الصغيرة .

ويجب توفير وسيلة سهلة لصرف أو تفريغ المحلول من الوعاء ، ويمكن ذلك
بواسطة السيرون غير أنه يحسن تجهيز الوعاء بفتحة صرف وكذا بفتحة
للتخلص من المحلول الزائد في حالة الوحدات الموجودة بالعراء .

الصينية

إطار تثبت فيه شبكة من السلك يتركز عليها النبات ، وإذا كان الوعاء
معدنيا أو أستميتا فيجب تجهيزه بما يسمح بارتكاز هذا الإطار وتثبيت
جدرانه .

وقد يفضل أن تكون الصينية منفصلة غير مثبتة وترتكز على حواف الوعاء
وتفصل عنه لتنظيفها .

وعنق الصينية بصفة عامة نحو ١٠ سم ، ولو أن ذلك يختلف حسب
الحاصلات المراد زراعتها ، ففي محصول مثل البطاطس يجب ألا يقل عنق

الصينية عن ٢٠ سم ، وتجهز الصينية بماسك من كل جانب يمكن إمساكها منها .

ولا ينصح بأن يكون طول الصينية مماثلاً لطول الوعاء بل الأفضل أن يكون أقل من طول الوعاء بنحو ١٥ سم من أحد الطرفين خصوصاً الطرف الذي يوجد به فتحة الصرف وبذا يمكن قياس عمق المحلول بسهولة وكذا يمكن وضع المسخن إذا احتاج الأمر للتنفخ وذلك لأنه لا ينصح برفع النباتات من المحلول بعد أن تزرع .

والشبكة السلكية في قاع الصينية تكون ذات فتحات ٢,٥ سم وأفضل أنواعها هي الشبكة المصنوعة من الحديد ويمكن استخدام السلك المجلفن بعد طلائه طلاءً ثقيلاً بالأسفلت ، وكذا تغطي الصينية جميعها .

ويجب أن نتذكر عند صناعة الصينية أنها يجب أن تتحمل ثقلاً يمثل أوزان جميع النباتات كاملة النمو والنضج .

الفرشة

تملأ الصينية بمواد عضوية هشة تسمح للهواء بتخللها وتوفر الاظلام اللازم للمحلول حتى لا تنمو به الأعلي كما أن الفرشة توفر سنادة للنباتات .

والمواد شائعة الاستعمال كفرشة للصينية هي البيت Peat والموس Moss ونشارة الخشب وما يماثلها من الانتاج المحلي وتساعد هذه المواد على نمو الجذور العرضية التي تزيد قدرة النبات على امتصاص مقادير إضافية من الأوكسجين من الهواء . كما أنها تساعد على خفض البخر وهو عامل هام بالنسبة للوحدات الموجودة بالمراء في المناطق الحارة .

السنادات

يحسن في حالة النباتات الطويلة وضع أسلاك تساعد النباتات على الإمساك بها .

المحلل المغذى

سوف نعالج هذا الموضوع في موقع آخر ، غير أنه يهنا في هذا المقام أن نشير إلى النقاط العامة :

— أحسب مقدار المحلول المطلوب للوعاء قبل تجهيزه وذلك بضرب مساحة القاع في عمق المحلول المناسب والنتاج هو حجم المحلول بالاستيمتر المكعب وبقسمته على ١٠٠٠ يتتج الحجم بالتر ، ويجب ملاحظة وجود حجم خال من المحلول بين الصينية وسطح المحلول .

— يلاحظ عدم تبليل الفرشة بالمحلول فتبخر المحلول يترك الأملاح على الفرشة وتعرض الجذور لاضرار من زيادة التركيز .
— بصفة عامة يجب أن يكون عمق المحلول أقل ما يمكن .

المحلل النموذجي لتغذية النبات

ليس من اليسير تركيب محلول نموذجي فالعوامل التي تحكم عملية الامتصاص واحتياجات النباتات تجعل تركيب مثل هذا المحلول أمرا بعيد التحقيق غير أننا ننصح في تركيب المحلول المغذى بمراعاة الشروط الأساسية الآتية :

١ — يجب أن يحتوى المحلول العناصر الستة الكبرى وعلى الأقل أربعة عناصر صغرى هي بترتيب أهميتها الحديد والبورون والزنك والمنجنيز والحديد وأهمها جميعا .

٢ — يجب أن تتوفر هذه العناصر في صور يستطيع النبات امتصاصها .

٣ — يجب أن يكون تركيز هذه العناصر منخفضا حتى ولو كان المقلل المطلوب من كل منها كبيرا .

٤ — يجب ملاحظة أن يظل المحلول على الجانب الحامض . ولو أن تركيبات المحاليل المغذية بصفة عامة تجعلها حامضية التأثير إلا أنها قد تتحول

بعد أن يتمص النبات حاجته من العناصر إلى الجانب القاعدي ولذا يجب متابعة رقم PH المحلول بصفة مستمرة وتعديله بحيث يكون عند رقم PH المطلوب .

التهوية . .

يجب تهوية المحلول المغذي جيدا ، وأفضل طرق التهوية هو وجود تيار مستمر من المحلول غير أن ذلك يزيد التكلفة .

ومن أفضل طرق التهوية في الوحدات الصغيرة استخدام مضخة هواء مثل تلك المستخدمة في تربية أسماك الزينة ، ويمكن للمضخة المتوسطة تهوية وعاء ذي طول ١٨٠ سم . ويمكن توصيل المحلول « بماسورة » ذات ثقب وتوصيل فتحتها الخارجية بمنفاخ عجل وبذا يمكن ضخ الهواء إلى المحلول لمدة دقيقة واحدة كل يوم (طبقا لحجم المحلول) وفي حالة تهوية مجموعة من عدد من الأوعية يمكن توصيلها مع بعضها بمضخة أكبر تدفع فيها الهواء . أما في الأوعية الصغيرة (المنزلية) فيمكن تقليب المحلول لمدة دقيقة يوميا أو نفخ الهواء بمنفاخ العجل مباشرة في المحلول ، وباستمرار نمو النباتات تزداد حاجتها للأوكسجين . وعموما يحسن التهوية لمدة دقيقة يوميا لكل وعاء طوله ١٨٠ سم .

الامداد الذاتي للمحلول المغذي

اقترح هذه الطريقة جريك Oericke وسجلتها في الولايات المتحدة الأمريكية . وفي هذه الطريقة يستخدم جهاز أو أداة « وحدة التسميد » يمكن لأي شخص على دراية بالكيمياء تركيبها كما يلي :

حضر مخلوطا من أملاح العناصر المغذية وقد اقترح جريك التركيب الآتي

٥٠٥٠ جم

نترات البوتاسيوم

٦٠٠ جم

فوسفات مغنسيوم

كبريتات كالسيوم	٧٧٠ جم
كبريتات حديد	١٠٠ جم
كبريتات منجنيز	٢٠ جم
بورات صوديوم	٢٠ جم

وتطحن الأملاح الثلاثة الأخيرة طحنا جيدا ثم تخلط جميع الأملاح معا وتجهز وحدة التسميد كالآتي :

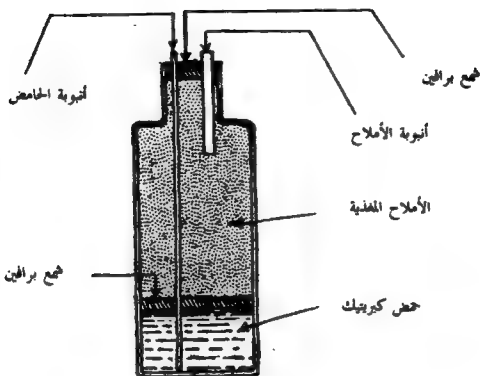
١ — استخدام زجاجة سعة ٥٠٠ سم^٣ من زجاج قوى ذات رقبة غير ضيقة . وضع في هذه الزجاجة ٩٠ سم^٣ من حامض كبريتيك نقي مركز (كثافته ١,٨٢) .

٢ — ضع أنبوبة زجاجية ذات سمك ٤ مم من فتحة الزجاجة لتركز على قاع الزجاجة ويرز الطرف الآخر من فتحة الزجاجة بنحو $\frac{1}{2}$ سم .

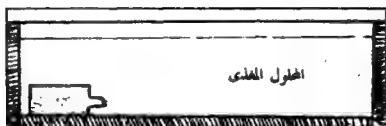
٣ — يضاف الشمع المنصهر فوق الحامض ليصنع طبقة سمكها نحو ١ سم ويترك حتى يبرد .

٤ — تملأ الزجاجة بمخلوط أملاح العناصر المغذية حتى نحو $\frac{1}{2}$ سم من عنق

الزجاجة . توضع أنبوبة زجاجية أخرى سمكها نحو ٨ مم لتصل حتى مخلوط الأملاح ويرز منها من فتحة الزجاجة نحو $\frac{1}{2}$ سم .



(١)



(٢)

شكل رقم (١) - الشكل (١) يوضح تركيب وحدة جريك للتسميد
والشكل (٢) يوضح كيفية وضع وحدة جريك في وعاء الهيدروپونيكس

٥ - تقفل الزجاجية بالشمع .

وعندما توضع هذه الوحدة (شكل رقم ١) في المحلول المغذى في وعاء
الهيدروپونيكس يبدأ الحامض في جذب الماء عبر الأنبوبة التي تصل بين طبقة

الحامض والمهلل الخارجى كما يدخل الماء (المهلل) إلى مخلوط الأملاح ، ويزداد الضغط داخل الزجاجية فيبدأ المخلوط مع ما وصله من الماء في التدفق البطيء خارج الزجاجية وفي نفس الوقت ينتج عن الحرارة الشديدة الناتجة عن اتصال الماء بالحامض المركز انصهار بعض نقاط في طبقة الشمع ووصول الحامض إلى مخلوط الأملاح وخروجه معه إلى المهلل الخارجى وبذا يتوفر للمحلل درجة الحموضة المطلوبة .

ويؤكد Phillips أن هذه الوحدة ناجحة تماماً وتمد المهلل المغذى لمدة ٣ شهور دون الحاجة إلى ضبط رقم PH المهلل أو ضبط تركيز العناصر فيه . على أى حال من الضروري إجراء اختبار الحموضة واختبار التركيز بين وقت وآخر .

وتستخدم الوحدة لمدة موسم ثم يجرى تجديد محتوياتها . وقد تزداد الحموضة في بداية وضع الوحدة في المهلل نتيجة تدفق حامض أكثر من الملام ويعالج ذلك بوضع قطعة من الحجر الجيري قرب فتحة الزجاجية في اليوم الأول ثم ترفع بعد ذلك .

الإضاءة

يحتاج النبات للنوء حتى تتم عملية التمثيل الضوئى (الكلوروفيل) ولا فارق بين ضوء الشمس والنوء الصناعى بالنسبة لهذه العملية ، فإذا كانت وحدات الهيدرونيكس في العراء فلا داعى للإضاءة الصناعية في أغلب الحالات ، أما إذا كانت داخل الصوبة أو بالمنازل فيجب عمل التجهيزات الضرورية للإضاءة الصناعية .

التدفئة

للتدفئة أهمية خاصة بالنسبة للهيدرونيكس إذا كانت في مناطق باردة ، أما في المناطق الدافئة فقد لا تكون ضرورية إلا حيث يكون الليل باردا عما هو ملام للنبات المزروع . وفي كثير من المناطق الدافئة يكون الشتاء باردا عما قد

يستلزم التدفئة عند استزراع نباتات محبة للحرارة . وقد أوضحت بعض الدراسات أن درجة حرارة ٢٠ — ٢٥°م كافية لنباتات البطاطم بصفة عامة لإعطاء محصول جيد ، ولم يزد المحصول زيادة ذات أهمية برفع درجة الحرارة .

وتتوقف طريقة التدفئة على مصدر الطاقة المحلي وحجم الوحدة المراد تدفئتها ، ففي حالة وعاء واحد ووحدة صغيرة يمكن استخدام مسخن يغمر في المحلول مع منظم للحرارة Thermostat ، وبالنسبة لاحتواء المحلول على أملاح مذابة فقد يتآكل قطب المسخن أو يتفاعل مع أملاح المحلول فيتغير تركيبه ، ولذا يجب استخدام مسخن زجاجي ، وفي حالة الأوعية الصغيرة يمكن استخدام المسخن الذي يغمر في أوعية تربية أسماك الزينة .

وفي حالة الرغبة في تدفئة عدد من الأوعية يمكن استخدام « مسخن التربة » وهو سلك Cable يمر خلال قاع المحلول ولو أننا لا نستطيع أن نجزم ما إذا كان الغطاء الخارجي للسلك سوف يؤثر على المحلول .

وتستخدم الغلايات أيضا في عملية التدفئة في حالة الوحدات الكبيرة وفي هذه الحالة تصفب الأوعية في صفوف متوازية وتجهز غلاية مركزية ذات منظم للحرارة يسخن بها الماء لدرجة الحرارة المطلوبة ويتدفق منها إلى ماسورة توزيع معزولة ومنها إلى أنابيب ذات صمام تغذى كل منها أحد الأوعية إلى مستوى ينخفض عن مستوى الصواني بكل منها ، وفي الطرف الآخر من كل وعاء توجد فتحة صرف الماء الزائد على ارتفاع معين يتصل بماسورة مجمعة توصل بواسطة الجاذبية الأرضية إلى حوض مكشوف ومنه إلى الغلاية مرة ثانية بواسطة مضخة ، ولضمان وجود قدر معين من الماء في الحوض بصفة مستمرة يجهز بعوامة ، فإذا انخفض مستوى الماء انخفضت العوامة وفتحت حنفية الماء لتصب الماء في الحوض حتى يصل إلى المستوى المطلوب فتقفل العوامة الحنفية .

ومن الواضح أنه من الضروري تنظيف هذه المجموعة بين مواسم الزراعة إذ قد تتكون طبقات من الملح داخل المواسير ناتجة عن ترسيب الأملاح .

(٢) الزراعة في بيئات المواد الحاملة

Aggregate Culture

يقصد بالبيئات الحاملة المواد الصلبة التي قد تستخدم لتنمية النباتات بها ومن أكثر هذه المواد شيوعاً الرمل والحصى وقطع الفخار وحييات المهرات وغيرها ويضيف إليها البعض الفحم والفرميوكولايت Vermiculite .

وتختلف الزراعة في البيئات الصلبة عن الزراعة في بيئة الماء Hydroponics في أنه بينما تكون جذور النبات في بيئة الماء معلقة في المحلول المغذي فإن هذه الجذور في البيئة الصلبة تثبت بجزيئات المواد الصلبة أما مصدر التغذية في كل من البيئتين فهو المحلول المغذي مع ضمان التهوية في كل من البيئتين .

مميزات البيئات الصلبة

— تشابه البيئة الصلبة والأرض يجعل قبولها لدى الزراع العاديين أسهل من قبولهم للزراعة في المحاليل .

— لا تحتاج إلى ملاحظة دقيقة مستمرة كما هي الحال في الزراعة المائية خصوصاً في عملية التهوية .

— يمكن زراعة النباتات من البنور مباشرة ، ولو أن ذلك ممكن في حالة بيئة الماء إلا أنه قليل النجاح فيها .

— توفر بيئة المواد الصلبة بيئة مشابهة للبيئة الطبيعية التي ينمو بها النبات وتعمل كسنادة قوية للجذور .

وبالإضافة إلى ذلك فيمكن الحرز أن بيئة المواد الصلبة في حالة الوحدات الصغيرة أو المنزلية تتميز بأنها أقل متاعب وسهولة النقل وأكثر ملائمة لمحبرات المعيشة بالمنازل .

وأبسط وحدات الليثات الحاملة للاستخدام المنزلى تتكون من وعاء به المادة الحاملة وأسفله حوض يستقبل المحلول المنصرف ويصب المحلول المغذى أو يرش على سطح الرمل (المادة الحاملة) مرتين أو ثلاث مرات يوميا بكميات تكفى لتشبع الرمل ويتجمع المحلول المنصرف فى الحوض السفلى ويمكن استخدامه مرات أخرى لمدة ١٤ يوما .

ويمكن استخدام قصارى الأزهار إلا أنها يجب أن تكون من النوع الأملس (Glazed) وذات شكل يلائم وضعها داخل المنزل .
وأهم معوقات الليثة الصلبة هى أنها أكثر تكلفة من ليثة الماء فى حالة الوحدات الكبيرة للاستخدام التجارى .

وحدة التدفق المستمر

تتكون الوحدة من خزان فى وضع مقلوب تتساقط منه قطرات الماء ببطء على وعاء به رمل ويتصرف فى وعاء آخر أسفله حيث تجمع وتخزن وهذه الوحدة البسيطة توفر المحلول المغذى فى شكل شبه أوتوماتيكى وتيسر تهوية المحلول . ويحدد حجم خزان المحلول المغذى المدة التى يمد فيها النباتات بهذا المحلول .

ويرتكز خزان المحلول المقلوب على طبق يوضع فيه طرف أنبوبة شعرية تعمل كسيفون حيث يكون طرفها الآخر فوق الرمل بالوعاء . ويتحكم فى معدل التنقيط عن طريق ضبط ارتفاع طرف السيفون بالنسبة لمستوى المحلول فى الطبق تحت الخزان المقلوب .

ويقترح لتبسيط العملية ، استبدال سيفون الأنبوبة الشعرية بقطعة « شاش » من المستخدم فى تضيق الجروح أو قطعة من قماش الجين ذات عرض ٢,٥ — ٥ سم ترم لتأخذ شكل « دوبارة » وهذه يوضع طرفها فى الطبق والطرف الآخر عند سطح الرمل وتقوم بعمل السيفون ويمكن التحكم فى معدل التنقيط إلى حد ما باختيار عرض الشاشة المستخدمة وبالمسافة

العمودية بين مستوى المحلول في الطبق ومستوى سطح الرمل في الوعاء . وإذا لونت « الدوبارة » الناشئة عن قطعة القماش بالخير غير القابل للإزالة بالماء فإن ذلك يجعلها أكثر قدرة وأطول عمرا . ويتقضى تغيير الشاشة غير الملونة مرة كل أسبوع حسبما تكون درجة غمو الألجى عليها .

التظيم الرأسى

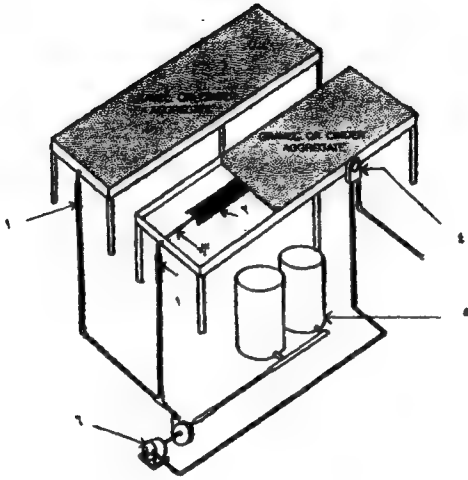
حيث يسمح المكان بوضع الأوعية واحدا فوق الآخر . ويوضع خزان كبير علوى ويتساقط المحلول إلى الوعاء الأعلى ثم إلى فتحة الصرف حيث يستقبل في الوعاء التالى وهكذا حتى الوعاء الأسفل الذى يصرف في خزان خاص .

الرى من أسفل النظام

طريقة الرى من أسفل النظام تعتمد أساسيا على إمداد المحلول عن طريق ماسورة ذات ثقب في أسفل أوعية غير منفذة للماء ومملوءة بمزيجات من أى مادة خاملة . وتتصل الماسورة بمضخة طرد مركزى تعمل على فترات متقطعة ينظمها ساعة وهذه الفترات تكون كافية لغمر البيعة الحاملة بعدها تقطع دائرة موتور المضخة ويتدفق المحلول بالجاذبية الأرضية مرة ثانية إلى الخزان الذى يعمل كمصرف مجمع وكخزان للمحلول .

ويوضح شكل رقم ٢ مجموعة الرى حيث توجد الموائد التى يمكن صنعها من الخشب أو الأسمنت أو الحديد المطفى بالأسفلت وتفضل موائد الأسفلت حيث يمكن تجهيزها بحيث تكون فتحة الصرف فى الوسط بينا لا يكون ذلك سهلا فى الموائد الخشبية أو الحديدية . وإذا استخدمت الموائد الخشبية فيجب طلاؤها برشها بالأسفلت الساخن مرتين .

وعمق موائد النمو لا يزيد عن ١٥ سم بينا حجم المائدة لا يهم كثيرا ويعتمد أساسيا على المكان المتاح وحجم الوحدة .



شكل رقم (٢) - شكل تخطيطي يوضح نظام الرى تحت السطحي
 ١ - وصلة مطاطية ، ٢ - غطاء أنبوبة الرى ،
 ٣ - أنبوبة مثقبة ، ٤ - ساعة توقيت ،
 ٥ - خزان المحلول الملقى ، ٦ - موتور كهربائى ومضخة .

امداد المحلول

الطريقة الأولى : تمتد فيها الماسورة التى تمد الوحدة بالمحلول فى قاع المائدة بين طرفى المائدة وأحد الطرفين يغلق بغطاء يمكن نزعها لتنظيف الماسورة . والماسورة ذات فتحات ٥ مم كل نحو ٣٠ سم على الجانب المقابل لقاع المائدة ويغطى الماسورة شريط عرضه ١٠ - ١٥ سم يعمل على منع إنسداد الفتحات ويمكن منع التصاق الشريط مقاع المائدة بطبقة رقيقة من الرمل أو

الحصى وكذا يمنع تدخل الشريط في تدفق المحلول . ويفضل استخدام الماسورة من الحديد (الأسود) أو النحاس والماسورة الحديدية معرضة للصدأ وقد تحتاج إلى إمرار محلول مقاوم للصدأ فيها بين وقت وآخر . ويفضل الماسورة النحاسية لأنها تعمل على خفض نمو الألبى وماسورة ٦ مم تكفى لإمداد مائدة طولها ١,٥ م وعرضها ١,٢ م مع استخدام مادة خاملة خشنة أما في حالة موائد أطول فيحسن استخدام ماسورة أكبر ذات فتحات متقاربة في الطرف البعيد عن مصدر الإمداد .

الطريقة الثانية : وهى الطريقة المفضلة وتتكون من مجرى مزدوج عرضه ١٠ سم بدلا من الماسورة يوضع في قاع المائدة يتدفق فيه المحلول فلا يكون معرضا للانسداد ويدخل المحلول إلى المائدة عن طريق ماسورة صغيرة . وإذا استخدم مجرى مجلفن فيجب طلاؤه بعدة طبقات من الأسفلت .

المضخة

تستخدم مضخة طرد مركزى تعمل بواسطة موتور لتدفع المحلول في المراقد وعندما تفتح دائرة الموتور يعود المحلول من خلال المضخة إلى خزان التجميع وتستخدم عادة مضخة ١ حصان في مساحة ٢٥٠٠ قدم مربع (٢٥٠ م^٢) مملوءة بعمق نحو ١٥ سم من الحصى متوسط الحجم وفي خلال نصف ساعة يتم غمر المائدة إذا كان الخزان أسفل المائدة بنحو ١,٢ م .

وتروى المائدة مرتين كل ٢٤ ساعة وقد تزيد إلى ثلاث مرات ومن الضروري انقضاء عدة ساعات بين كل ريتين متواليتين لتحصل الجنذور على التهوية الكافية ويجب التوفيق بين حجم المائدة وتشغيل المضخة ونوع المادة الحاملة بحيث يتم الصرف في ضعف المدة اللازمة للغمر .

المواد الحاملة

يعتبر الرمل من أفضل المواد التى يمكن استخدامها في الوحدات المفردة أو

الوحدات الصغيرة . ولا يحفظ الرمل زائد الخشونة بالروطية ، كما أن الرمل زائد النعومة لا يتيح للجنور نسبة كافية من الهواء .

ويجب ألا يكون الرمل المستخدم زائد القلوية حتى لا يؤثر على المحلول المغذى . وعموما يجب أن يحتوى الرمل على نسبة منخفضة من كربونات الكالسيوم وأن تكون غالبية حبيباته ذات قطر حوالى ١ مم وحتى نضمن عدم ارتفاع نسبة كربونات الكالسيوم ينصح بغسيل الرمل بماء حامضى لمدة ٣ — ٤ أيام . وينصح أن يعقم الرمل ويتم ذلك بتقليبه فى ماء يغلى مدة ١٥ — ٢٠ دقيقة أو بتسخينه فى فرن على درجة حرارة ١٠٠°م لمدة ساعة كما يمكن استخدام معقمات التربة .

وفى الوحدات الكبيرة تستخدم مواد خاملة أخرى مثل الحصى وكسر الأحجار وحييات الجرانيت والفحم أو غيرها واستخدام هذه المواد يقتضى التعرف إلى محتواها من كربونات الكالسيوم فهى بالإضافة إلى ذوبانها فى الأحماض الخفيفة تعمل على زيادة قلوية البيئة ولذا يجب « غسلها » بحامض مخفف عدة أيام حتى تخلو من كربونات الكالسيوم .

وحيث لا تتوفر المواد الخاملة المناسبة يمكن استخدام الفحم النباتى (بقايا النباتات المتفحمة غير كاملة الاحتراق بحيث لم تتحول إلى رماد) ويجب غسل هذه المادة ٣ — ٤ أيام حتى تتخلص من محتواها من الأملاح الذائبة ثم تنقع فى حامض مخفف لمدة يومين ثم تغسل بالماء جيدا . والحامض المفضل هو حامض الكبريتيك ولو أن أى حامض مخفف يمكن استخدامه .

العامل الهام عند اختيار المادة الخاملة لاستخدامها مع الرى تحت السطحي هو حجم حبيبات المادة ، إذ يجب أن يكون بدرجة من الخشونة تسمح بصرف المحلول صرفا كاملا فيحل الهواء محل الماء بعد كل إضافة من المحلول ولضمان ذلك يجب التخلص من الحبيبات الصغيرة التى تمر خلال منخل ١٦ — ٢٠ مش أى الحبيبات ذات أقطار ١,٢ — ١,٦ مم .

تعقيم المواد الحاملة

ينصح بضرورة تنظيف وتعقيم المواد الحاملة خصوصا الرمل بين كل محصول والآخر ويتم ذلك بغمر البيئة في الأوعية بالفورمالدهايد ٠,٥ ٪ — ١,٠ ٪ عدة أيام ثم طرده من البيئة بإضافة الماء عدة مرات . وإعادة التعقيم هام أيضا خصوصا للرمل .

وللمحافظة على نظافة البيئة وبالتالي على صحتها بصفة مستمرة يجب إزالة بقايا الجنور والنباتات المريضة فجزر واحد منفصل من النبات يبدأ في الاغلال سريعا ويلوث البيئة .

العناية

كثيرا ما تتجمع أملاح المحلول المغذى حول جذور النبات أو في قاع الأوعية والموائد ولذلك فمن الضروري غمر المراقدة مرة كل أسبوعين بالماء العذب ويجب أن يتم ذلك من السطح وليس عن طريق الري تحت السطحى .

وفي حالة البيئات الرملية في الوحدات الصغيرة أو المنزلية المفردة يجب رشها أسبوعياً للتأكد من طرد ما يتجمع من أملاح المحلول .

ويجب غمر الأوعية بين المحصول والآخر عدة مرات بالماء ويؤدي الغمر للتخلص من الفورمالدهايد الزائد إلى التخلص من الأملاح المتجمعة في نفس الوقت .

للتبوية أثر هام في نمو النبات ومن الضروري اتباع ما سبق ذكره من مراعاة صرف المحلول صرفا كاملا قبل إضافة محلول جديد ، أما في وحدات التدفق المستمر فالتبوية تؤخذ في الاعتبار ذاتيا .

المحلول المغذى

هو نفس المحلول المستخدم في الميكروروبونيكس أو في تقنيات الغشاء المغذى وسيأتى ذكر ذلك .

(٣) تقنية الغشاء المغذى

Nutrient Film Technique

وتنمى فيها النباتات فى المحلول المغذى بدون تربة أو مغاليط أو مواد صلبة ،
والمكونات الأساسية لنظام استخدام الغشاء المغذى هى :

- خزان المحلول المغذى .
- مضخة ترفع المحلول من الخزان إلى الأحواض .
- قنوات متوازية منحدرية تنمو بها النباتات وينساب المحلول المغذى فيها على جذور النباتات .
- يتجمع المحلول بعد انسيابه على النباتات فى القنوات فى أنبوبة (ماسورة) تجميع توصل إلى خزان المحلول المغذى ثانية .
- نظام مراقبة وتحكم فى تركيز المحلول والمحتوى الملحى فى الماء ورقم ال PH ومستوى الماء فى الخزان .

وتصنع القنوات من غشاء بلاستيكي رقيق ، يفرد الغشاء وترفع الجوانب فتكون مجرى ذو مقطع عرضي مثلث قاعدته ٢٥٠ — ٣٠٠ مم . وتوجد قنوات سابقة التصنيع (جاهزة) .

ويصب المحلول المغذى بواسطة أنبوبة عند رأس الحوض فينسب فى المجرى (القنوات) إلى خزان التجميع بفعل الجاذبية نتيجة انحدار هذه المجرى وتترك طبقة رقيقة من الرطوبة حول الجذور . ويجب أن يتدرج السطح بعناية لتفادى مناطق يزداد فيها عمق المحلول وتستخدم أرضية الصوبة المروشة بالخرسانة أو مناضد من الصلب ، ويعتبر معدل تدفق ٢ لتر/دقيقة فى كل قناة مناسبة .

ويوضع خزان التجميع تحت سطح الأرض ، ويجب أن يغطى لمنع وصول الضوء ونمو الطحالب وتقليل التلوث . ويمكن التحكم فى مستوى المحلول بالخزان بواسطة صمام بعوامة توصل بالمأخذ الرئيسى للمياه أو استخدام نظام كهربائى .

ويجب رصد تركيز الأملاح بالمحلول وكذا رقم PH المحلول بصفة منتظمة ومن رأى Cooper أن الأساس التقنى لهذه الطريقة هو :-

- تنمو النباتات عارية الجذور فلا يوجد أى بيئة صلبة حول الجذور .
- تنمو النباتات بحيث يكون المجموع الجذرى منقسما إلى قسمين أحدهما فى المحلول والآخر فى الهواء (خارج المحلول) .

مميزات تقنية الغشاء المغذى

١ — لا حاجة للتعميق بين الزراعات المتتالية ، وفى ذلك توفير فى الجهد والطاقة والوقت .

٢ — تقليل احتمالات تلوث البيئة ومصادر المياه .

٣ — التوفير فى الماء ، نظرا لأن المحلول المغذى يمر فى نظام مغلق ، فلا يتعرض للتبخر .

٤ — يحضر المحلول المغذى ويختبر ويعدل فى مكان واحد ، ويمكن أن يجرى ذلك آليا ، كما يمكن تدفقه بسهولة إلى الدرجة المناسبة .

٥ — يمكن مكافحة الآفات بسهولة بإضافة المبيدات — التى تمتص عن طريق الجذور — إلى المحلول المغذى .

٦ — من أنسب أنواع المزارع للمناطق التى تكون أراضيها رملية أو جيرية ، أو تقل فيها المياه الصالحة للزراعة .

مقارنة البيئة الصلبة مع الجذور بتقنيات الغشاء المغذى

من المعتاد أن تزرع الحاصلات فى بيئة صلبة هى التربة ، وقد تعود الجميع على أن ذلك أفضل الوسائل ، وحتى الذين يستخدمون طريقة الغشاء المغذى فى إنتاج الحاصلات فهناك ما يجذبهم باستمرار نحو التحول إلى البيئة الصلبة . فيتساءلون أليس من الأفضل وضع بعض المواد الكثيفة الماصة فى القناة وهى لا تمنع تدفق المحلول المغذى . ويسأل آخرون عن إمكان ملء القناة بالمادة

العضوية — بيت Peat — وفي نفس الوقت تغذية النبات بالمحلل. أو لماذا لا نضع طبقة من الحصى أو الرمل في قاع القناة فالكثيرون تمودوا على وجود بيئة صلبة ثم الجنور ويشعرون بضرورة العودة إليها. ويمكن مقارنة مزاجها البيئة الصلبة بتقنيات الغشاء المغذى كما على :

— يعتقد الكثيرون أن البيئة الصلبة ضرورية لتمد النبات بالعناصر المغذية وهذا الاعتقاد خاطيء .

— توفر البيئة الصلبة نمو الجنور ما ثبت النبات ، وهذا صحيح غير أن ذلك لا يعنى أنه لا يوجد ما يثبت النبات في غياب البيئة الصلبة . فتقنيات الغشاء المغذى تضمن ثبات النبات — كما سنصف ذلك — كما لو كان بالأرض .

— أن البيئة الصلبة توفر احتياطي الماء للنبات الذى ينمو بها ، وهذا صحيح إلى حد ما ، إذ أنه ما لم يضاف الماء فإن هذا الاحتياطي يستنفذ بمضى الوقت . بينما في طريقة الغشاء المغذى لا يعانى النبات قط من نقص الماء كما يمكن الاحتفاظ بكمية كبيرة من الماء دون أن تعانى جنور النبات من نقص الهواء .

— توفر البيئة الصلبة احتياطيا من الهواء وذلك أيضا صحيح إلى حد ما إذ أن إضافة الماء تدفع الهواء خارج البيئة الصلبة للجنور بينما في حالة الغشاء المغذى يعتمد النبات على وفرة من الهواء في الجزء العلوى من الجنور في وجود زيادة من الماء في الجزء السفلى منها .

— تضمن البيئة الصلبة تنظيم المحلول من الناحية الغذائية Nutritional Buffer ، وهذا غير صحيح فقدرة النبات على مقاومة نقص المغذيات أكثر كثيرا في حالة تدوير المحلول المغذى في غياب بيئة نمو الجنور الصلبة .

— توفر البيئة الصلبة للنبات وسطا خاليا من الأمراض والآفات ، وهذا واضح الخطأ .

والواقع إن مزايا البيئة الصلبة لم تعد أمراً مقنعاً ولا نستطيع إلا أن نقول إنه لا يوجد أية مزايا للبيئة الصلبة نحو الجذور إلا كونها اقتصادية . فسطح الأرض موجود فإذا نثرنا عليه البنور فإن المطر كفيل بإنبات البنور ونمو البادرات وإضافة السماد نحسن الإنتاج وحتى بدون السماد فيمكن الحصول على قدر من الإنتاج . فاستخدام الأرض هو أرخص وأبسط نظم الزراعة ومعروف أن إنخفاض تكلفة رأس المال والبساطة يعتبران مزايا اقتصادية هامة . وعلى أى حال فإن أساس استخدام تنمية الجذور في المحلول في طريقة الغشاء المغذى تعمل على تجنب التعقيدات وخفض التكلفة الرأسمالية . وتقويم رخص وبساطة كل من الزراعة العادية وطريقة الغشاء المغذى يجب أن يأخذ في الاعتبار العائد من كل من الطريقتين على أن هذا التقويم يجب ألا يتأثر بالاعتقاد بمزايا معينة للبيئات الصلبة .

وفي الصفحات القادمة من كتابنا الحالي سنصف بإسهاب الأسس التي تقوم عليها تقنيات الغشاء المغذى .

الباب الثاني

كيف يتغذى النبات

التركيب الكيميائي للنبات
العناصر الضرورية لتغذية النبات
امتصاص النبات للعناصر المغذية
المحاليل المغذية في تقنيات الغشاء المغذي

التركيب الكيميائي للنبات

تتكون النباتات من المادة الجافة والماء . ويتراوح نسبة محتوى الماء في أنسجة أعضاء النبات الخضرية والنامية بين ٧٠ و ٩٥ ٪ ، وفي أنسجة البذور بين ١٥ ٪ و ١٥ ٪ .

وظائف الماء في النباتات مبنية على طبيعة خواصه الكيميائية والفيزيائية ، فهو يتميز بقدرة عالية على تخزين الحرارة فيقى النباتات من الحرارة العالية بفضل قابليته للتبخر . كما أنه مذيب جيد لكثير من المركبات ، ويتم فيه انحلال المركبات إلى أيونات فتقوم النباتات بامتصاص العناصر الضرورية لتغذيتها في صورة أيونية . وللماء أهمية خاصة في تحولات الطاقة في النباتات في عملية التمثيل الضوئي . وكمية الماء في خلايا أنسجة النبات هي أساس العمليات الفسيولوجية والكيميائية والحويوية المختلفة ، إذ يشترك الماء مباشرة في عدد كبير من التفاعلات الكيميائية الحيوية من تركيب أو انحلال المركبات العضوية في الأحياء النباتية . وكمية الماء في النباتات تعتمد على نوع وعمر النبات وظروف توفر الماء وكذا على المنتج وعلى التغذية المعدنية نسيا .

وتوجد المادة الجافة على هيئة مركبات عضوية هي البروتينات والمركبات التروجينية الأخرى والمواد الكربوهيدراتية (سكريات ، نشا ، سليلوز والمواد البكتينية) والزيوت . وتختلف نسب هذه المواد حسب نوع النبات (جداول رقم ١ ، ٢ ، ٣) . كما تحتوي المادة الجافة على أملاح معدنية بنسبة ٥ ٪ إلى ١٠ ٪ من وزنها .

وتتكون المادة النباتية الجافة بصفة عامة من العناصر الآتية كنسب مئوية بالوزن :

الكربون (٤٥) ، الأوكسجين (٤٢) ، الهيدروجين (٦,٥) ، التروجين والعناصر الأخرى (٦,٥) . وتزداد معرفتنا بعدد العناصر التي

تساهم في تركيب النبات بتقديم طرق التحليل الكيميائي . فالكربوهيدرات والدهون والمركبات العضوية غير التروجينية تتكون من ثلاثة عناصر هي الكربون والأوكسجين والهيدروجين ، أما البروتينات والمركبات العضوية التروجينية الأخرى فيدخل عنصر التروجين في تركيبها بالإضافة إلى العناصر الثلاثة المذكورة . والعناصر الأربعة السابقة تسمى بالعناصر العضوية الأساسية حيث تكون نحو ٩٥٪ من المادة الجافة للنبات . وعند حرق المادة النباتية فإن العناصر العضوية الأساسية تتطاير على شكل مركبات غازية وبخار الماء ، أما الرماد المتبقى فيحتوي على العديد من العناصر في صورة أوكسيدات تكون نحو ٥٪ من كتلة المادة الجافة . ويطلق على التروجين وعناصر الرماد من الفوسفور والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنسيوم والكبريت والتي يكون محتواها في النبات عاليا نسبيا « العناصر الغذائية الكبرى » .

ونحتاج النباتات بالإضافة إلى العناصر الغذائية الكبرى إلى كميات صغيرة من الحديد ، البورون ، المنجنيز ، النحاس ، الزنك ، المولبدنم ، الكلورين ، (الكوبلت والفاناديوم) . ويحتوي هذه العناصر في النبات ضئيل ويتراوح بين ٠.٠٠٠٠١٪ إلى ٠.٠٠١٪ ولهذا تسمى بالعناصر الصغرى أو الدقيقة .

ويدخل في تركيب النبات بكميات عالية نسبيا الصوديوم والسليكون كما يوجد برمد النبات بنسب شديدة الانخفاض عدد كبير من العناصر التي تسمى بالعناصر الأثرية تتراوح من 10^{-6} إلى 10^{-8} ٪ . والوظائف الفسيولوجية لهذه العناصر لم تتحدد بشكل نهائي .

جدول رقم (١)

موسط محتوى بعض محاصيل الحضر والفاكهة من المواد الأساسية (نسبة مئوية على أساس وزن رطب) .

المحصول	السكريات	الأحماض الضوية	المواد التروجينية	السليلوز	الرماد	حصى الأسكراتك جم / ١٠٠ جم
الكرونب	٤,٠	٠,٣	١,٣	٠,٨	٠,٧	٣٠
القيبط	٣,٠	٠,١	٢,٥	١,٢	٠,٨	١٠٠
الطماطم	٣,٠	٠,٥	٠,٦	٠,٢	٠,٥	٣٠
الفلفل الحلو	٤,٠	٠,٢	١,٥	١,٠	٠,٧	٢٠٠
الباذنجان	٣,٠	٠,٢	٠,٩	١,٠	٠,٥	٥
الحيار	١,٥	٠,٠٠٥	٠,٨	٠,٥	٠,٤	٥
البصل	١٠,٠	٠,٢	١,٦	٠,٦	٠,٥	٧
الثوم	٠,٥	٠,٢	٧,٠	١,٠	١,٠	١٥
التفاح	٩,٠	٠,٧	٠,٤	٠,٨	٠,٤	٢٥
المنب	١٨,٠	٠,٧	٠,٧	٠,٢	٠,٦	٦
البرتقال	٧,٠	١,٤	٠,٩	٢,٥	٠,٧	٦٥
الليمون	٢,٥	٥,٨	٠,٩	٢,٥	٠,٦	٥٥
الكمرى	١٠,٠	٠,٢	٠,٤	٠,٨	٠,٤	١٥

عن ياجودين Yagodin ١٩٨٢

جدول رقم (٢)

متوسط التركيب الكيميائي للطور الحاصل الزيتية (نسبة مئوية على أساس وزن جاف) .

النسب	الكتان	عبد الشمس		المعوى الكيميائي
		البصرة كلها	النوى	
٣٤	٣٧	٣٤	٥٦	الزيوت
٢٢	٢٦	١٦	٢٦	البروتين
١٩	٨	٢٥	٦	السليلوز
٢٠	٢٢	٢٠	٦	كربوهيدرات أخرى
٤	٤	٣,٨	٣,٨	رماد

عن ياجودين Yagodin ١٩٨٢

جدول رقم (٣)

متوسط التركيب الكيميائي لفلات محاصيل الحبوب (نسبة مئوية على أساس وزن جاف) .

المحصول	البروتين	النشا	الزيوت	السليلوز	البكريات	الرماد
القمح	١٥	٦٠	١,٩	٢,٨	٤,٣	٢,٢
المزمار	١٢	٦٥	١,٧	٢,٢	٥,٠	٢,٠
الشوفان	١١	٤٥	٥,٥	١٤,٠	٢,٠	٣,٨
الشعير	٩	٥٥	٢,٠	٦,٠	٤,٠	٣,٥
الذرة	٩	٧٠	٤,٦	٢,١	٣,٠	١,٣
الأرز	٧	٦٣	٢,٣	١٢,٠	٣,٦	٦,٠
ذرة عرجة	١٢	٥٨	٤,٦	١١,٠	٣,٨	٤,٠
البسلة	٢٥	٤٣	١,٢	٦,٠	٨,٠	٣,٣
فول الرومي	٢٥	٤٢	١,٣	٦,٠	٦,٠	٣,٤
فول الصويا	٣٥	٣	٢٠,٠	٥,٠	١٠,٠	٥,٨
الحنظل	٢٥	٤٣	٢,٣	٦,٠	٤,٨	٣,٢
الفاسوليا	٢٠	٥٥	١,٨	٣,٨	٥,٢	٣,٣
العدس	٣٠	٤٧	١,٠	٣,٦	٣,٥	٣,٣
الفرس	٣٢	٣	٥,٠	١٦,٠	٢,٠	٣,٨

عن ياجودين Yagodin ١٩٨٢

العناصر الضرورية لتغذية النبات

يوجد عدد من العناصر تعتبر ضرورية لتغذية النبات بمعنى أن النبات لا يم دورة حياته بدونها وهى الكربون والهيدروجين والأوكسجين والنيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنسيوم والكبريت ، والحديد والزنك والمنجنيز والنحاس واليورون والموليدم والكلورين . ويحصل النبات على الكربون من ثانى أكسيد الكربون الجوى على الهيدروجين من الماء ، أما الأوكسجين فيحصل عليه من الهواء الجوى أو من الماء أيضا . ويطلق على هذه العناصر الثلاثة اسم « العناصر العضوية الأساسية » . ويطلق على النيتروجين وعناصر الرماد مثل الفوسفور ، البوتاسيوم ، الكالسيوم ، المغنسيوم والكبريت والتي يحتوى النبات منها مقادير عالية نسبيا « العناصر الكبرى » . أما عناصر الحديد ، البورون ، المنجنيز ، النحاس ، الزنك ، الموليدم والكلورين والتي يحتوى النبات منها مقادير قليلة فتسمى « بالعناصر الصغرى » .

ويمتص النبات النيتروجين أكثر من أى من العناصر الأخرى حيث يشكل ١ — ٢٪ من البروتوبلازم الحى . أما الفوسفور ، البوتاسيوم ، الكالسيوم ، المغنسيوم والكبريت فتمتص بكميات أقل بكثير من النيتروجين . ويمتص النبات باقى العناصر بكميات قليلة جدا . وبالإضافة إلى العناصر الضرورية ، فإن النبات يمتص أكثر من أربعين عنصرا آخر قد يكون لها تأثير مفيد ، رغم أنها لا تعتبر من العناصر الضرورية .

ولكل عنصر من العناصر الضرورية الكبرى أو الصغرى فى النباتات وظيفة خاصة ، فلا يحل أى عنصر محل آخر . أى أن هذه العناصر متساوية من حيث الأهمية الفسيولوجية . فالتقص فى أى عنصر من العناصر الكبرى أو الصغرى يؤدى إلى اختلال العمليات الفسيولوجية فى النبات ، وضعف نموه ، مما يؤدى إلى نقص فى غلته وجودته . وفى حالة التقص الحاد فى العناصر المغذية تظهر أعراض التقص الخاصة بالعنصر الناقص على النبات . ونوجز فيما يلى الدور الذى يؤديه كل عنصر من العناصر الضرورية للنبات .

الأوكسجين

توضح عملية التنفس وما يرتبط بها من أكسدة واختزال الدور الحيوي للأوكسجين في النبات ، كما أنه يتحد مع الكثير من العناصر الأخرى لتكوين المواد العضوية والأكاسيد ، ويكون الأوكسجين حوالى ٥٠ في المائة من المادة الجافة التي يتجها النبات . وكما سبق أن ذكرنا .. يحصل النبات على حاجته من الأوكسجين من الهواء الجوى والماء . وقد أوضحت الدراسات التي استخدم فيها الماء المحتوى على الأوكسجين النظير ١٨ — أن كل الأوكسجين المنتج أثناء عملية البناء الضوئى يأتي من الماء .

الكربون

يعتبر ثانى أكسيد الكربون الجوى المصدر الوحيد للنباتات لكي تبنى أجسامها بعملية البناء الضوئى . وتبلغ نسبة CO_2 P^1 بالجو حوالى ٠.٣٪ ولذلك يجب أن يستعمل النبات كميات ضخمة من الهواء حتى يحصل على حاجته من ثانى أكسيد الكربون ، ويعتقد أن زيادة نسبة ثانى أكسيد الكربون في الهواء المحيط بالنبات عما هي في الجو تزيد نمو النبات . ولذا ترفع نسبة P^1 صناعيا في جو الصوبات إلى أن يصبح عامل آخر هو المحدد للنمو ، مثل شدة الإضاءة ، أو درجة الحرارة . وقد أوضحت العديد من الدراسات أن نسبة غاز ثانى أكسيد الكربون تنخفض كثيرا حول النباتات في البيوت الزراعية ، وقد يستمر هذا الانخفاض لفترات طويلة . ويصاحب ذلك النقص انخفاض في معدل البناء الضوئى يصل إلى ٥٠٪ عند انخفاض تركيز الغاز إلى ١٦٠ جزء في المليون . وعلى العكس من ذلك فإن معدل البناء الضوئى يزداد بمقدار ٥٠٪ عند زيادة تركيز الغاز من ٣٣٥ إلى ١٠٠٠ جزء في المليون . وقد تصل الزيادة في البناء الضوئى إلى ١٠٠٪ إذا كانت الزيادة في تركيز الغاز مصحوبة بإضاءة قوية وحرارة مرتفعة بالقدر المناسب للنمو النباتى (Slack & Hand ١٩٨٤) .

الهيدروجين

يحصل النبات على حاجته من الهيدروجين من الماء ، وفور الماء في حياة النبات معروف ويدخل الهيدروجين في تركيب كثير من مركبات النبات مثل الكربوهيدرات والدهون والبروتينات . وتشترك العناصر الثلاثة — الأوكسجين والكربون والهيدروجين — في عملية البناء الضوئي .

النيتروجين

يدخل النيتروجين في تركيب البروتينات ، الأنزيمات ، الأحماض النووية ، الكلوروفيل ، الفيتامينات وبعض الهرمونات كما يدخل النيتروجين أيضا في تركيب مرافقات الإنزيمات الضرورية للعديد من الإنزيمات . وزيادة النيتروجين تشجع النمو الخضري ، وهي صفة مرغوبة في المحضر الورقية . وتختلف أعراض نقص النيتروجين في نباتات الفلقة الواحدة ، عنه في نباتات الفلقتين ، حيث يتميز نقص النيتروجين في ذوات الفلقة الواحدة باصفرار وسط نصل الورقة ، مع بقاء الحواف خضراء . أما في النباتات ذات الفلقتين فتكون الورقة متجانسة بلون أخضر مصفر ، وتظهر الأعراض في كليهما على الأوراق السفلى أولا ، فتصبح الأوراق خضراء باهتة ، سرعان ما يتحول لونها إلى الأصفر ، ويكون نمو النبات بطيئا ، كما يكون حجم الأعضاء النباتية الأخرى أقل من الحجم الطبيعي ، ويصبح النبات متخشبا . وفي حالات نقص النيتروجين الحاد وطويل الأمد تبدأ الأوراق السفلى في التيسر وتلف قبل ألوانها وتسقط . وقد يصاحب نقص النيتروجين في بعض النباتات تلون أعناق وعروق الأوراق باللون البنفسجي كما في الطماطم . أما في حالة إمداد النبات بالنيتروجين بشكل معتدل فتكون الأوراق ذات لون أخضر غامق ، ويكون التفرع في النباتات جيدا ، ويكون المجموع الخضري قويا وبمدها تتكون أعضاء الانتاج ذات القيمة العالية .

وتمتص النباتات النيتروجين في صورتين أساسيتين هما النترات والأمونيوم (قد تمتص الجذور بعض الصور الأخرى) ، وتتحول هاتان الصورتان إلى

أحماض أمينية مختلفة بعد اختزال التترات إلى أمونيوم ثم بروتينات . ويحتاج النبات إلى كميات كبيرة نسبيا من النيتروجين ولذا فنقصه كثير الشيع كما أنه من العناصر التي تضاف إلى الأراضى والمحاليل الغذائية في صورة أسمدة بكميات كبيرة .

الفوسفور

يدخل الفوسفور في تركيب الأحماض النووية وبعض الدهون (الفوسفوليبيدات) ، بالإضافة إلى مساهمته في تركيب الإنزيمات اللازمة لتفاعلات الطاقة المختلفة في عمليات التنفس والتمثيل الضوئي ، وكذلك يدخل في تركيب المركبات الفوسفورية ذات الروابط الغنية بالطاقة (الـ ATP والـ ADP) وفي مرافقات الإنزيمات (NAD و NADP) التي لها دور هام في تفاعلات الأكسدة والاختزال ، ويعتمد عليها في التفاعلات الحيوية الهامة في التمثيل الضوئي والتنفس وفي غيرهما من العمليات الحيوية . ويعتقد أن الفوسفوليبيدات Phospholipids تشكل مع البروتين جزءا هاما من الأغشية الخلوية ، ولذا فنقص الفوسفور يعتبر شديد الضرر بالخلية إذ يمنع تكون النواة والستوبلازم والأغشية الحديثة حول سطح الخلية ، كما يتخلل تبادل الطاقة في الأعضاء النباتية .

والنقص الشديد للفوسفور يؤثر في جميع النباتات على تكوين أعضاء الإنمარ ويؤخر النضج ويؤدي إلى نقص المحصول وانخفاض جودته . فالنبات في حالة نقص الفوسفور يبطئ نموه وتكتسب الأوراق اللون الرمادي المخضر ، الأرجواني أو البنفسجي (الذى يبدأ من الحواف ثم ينتشر في كل السطح) . وعلامات نقص الفوسفور عادة تظهر في المراحل الأولى من نمو النبات ، فالجذير المجزى للنبات في هذه الحالة ضعيف .

ويمتص النبات الفوسفور على صورة أورثوفوسفات أحادية أى PO_4^{3-} ، وكذا بكميات أقل من الأورثوفوسفات الثنائية H_2PO_4^- ، ويعتقد أن النباتات يمكنها أيضا امتصاص البيروفوسفات والميتافوسفات .

البوتاسيوم

يتواجد البوتاسيوم كملح غير عضوى فى النبات ، إلا أنه يتواجد أيضا كملح بوتاس للأحماض العضوية . ويشترك البوتاسيوم فى تفاعلات تركيب ونقل الكربوهيدرات فى النبات . ويبدو أن للبوتاسيوم علاقة بتمثيل الأحماض النووية فى النبات ، كما أن له أهمية كبيرة فى عملية انقسام الخلايا ، وتنظيم نفاذية الأغشية فى النبات . وقد وجد أن نقص البوتاسيوم يؤدى إلى تراكم مركبات النيتروجين الذائبة ، بينما يقل محتوى النباتات من النيتروجين ، ويعنى ذلك أن البوتاسيوم مرتبط بتمثيل البروتين . كما وجد أن نقص البوتاسيوم يؤدى أيضا إلى بطء عملية التمثيل الضوئى ، وزيادة التنفس .

ونقص البوتاسيوم بصفة عامة يؤدى إلى ظهور استمرار داكن على حواف الأوراق أى « احتراق الحواف » إذ تأخذ حافة وعنق الورقة شكلا « محترقا » وتظهر بسطح الورقة بقع « الصدا » الصغيرة ، كما يلاحظ أن الخلايا لا تنمو بشكل متساو مما يؤدى إلى ظهور ثنايا والتفافات ذات قسم على الورقة . ويظهر على أوراق البطاطس لون برونزى خاص . وتصبح حواف أوراق الخيار المسنة صفراء ، ولكن يبقى العرق الوسطى والعروق الفرعية الأخرى خضراء اللون . وفى الطماطم تكون الأوراق خشنه الملمس ومجعدة وتلتف حوافها لأسفل ، وتصفّر ، وفى النهاية تتحول إلى اللون البنى . وعموما — يكون نمو النبات الذى ينقصه البوتاسيوم بطيئا ، ولا تكون الثمرة الواحدة متجانسة فى نضجها ، كما فى حالة النضج المتبقع فى الطماطم .

ورغم أن كثيرا من الباحثين قد أوضح ضرورة البوتاسيوم نمو النبات فقد أوضحت بعض الدراسات إمكان استبداله بالصوديوم فى زراعات مائية بنسبة تصل إلى ٨٠٪ فى حالة بنجر السكر بينما لا يمكن استبداله إطلاقا بالنسبة إلى البطاطس . ولا زال موضوع مدى احتياج النبات للصوديوم وعلاقة البوتاسيوم والصوديوم بالنسبة نمو النبات فى حاجة إلى مزيد من البحث .

الكالسيوم

يلعب الكالسيوم دوراً مهماً في التمثيل الضوئي وفي تحريك الكربوهيدرات ، وفي عمليات تمثيل النيتروجين في النبات . وهو يشارك في تشكيل الجدر الخلوية ، ويعكس نقص الكالسيوم بالدرجة الأولى على المجموع الجذري للنبات - حيث يبطئ نمو الجنور ولا تتكون الشعيرات الجذرية ، ثم تصبح الجنور مخاطية وتتمفن كما أن النقص في هذا العنصر يؤدي إلى توقف نمو الأوراق وظهور بقع صفراء عليها ومن ثم تصفر الأوراق وتلف قبل أنائها . وعلامات نقص الكالسيوم تظهر أولاً بأول على الأوراق النامية الصغيرة نظراً لأن الكالسيوم عنصر مقيد فلا ينتقل من الأجزاء الناضجة إلى الأجزاء النامية إذا كان المقدار المتاح منه غير كاف للنبات .

المغنسيوم

يدخل في تركيب الكلوروفيل ، ويشارك في حركة الفوسفور في النباتات ويؤثر على نشاط عمليات الأكسدة والاختزال . كما أن بكتات المغنسيوم (أملاح حامض البيكيك) تشترك مع بكتات الكالسيوم في لصق الياف السليلوز عند بناء جدر الخلايا ، لذلك فهو ضروري لعملية انقسام الخلايا .

والمغنسيوم عامل منشط للعديد من الأنزيمات الهامة في تحولات التمثيل الغذائي للمواد الكربوهيدراتية . كما ينشط الانزيمات التي تشترك في تمثيل الأحماض النووية .

وفي حالة نقص المغنسيوم يقل محتوى الأجزاء الخضراء من النبات من الكلوروفيل ويبدأ الأصفرار بين عروق الورقة (العروق تظل خضراء) . ويؤدي النقص الحاد في هذا العنصر إلى الشكل الرخامي للأوراق والتوائها واصفرارها .

الحديد

يدخل في تركيب إنزيمات الأكسدة والاختزال للنباتات ويشارك في تخليق الكلوروفيل وفي عمليات التنفس ، كما يدخل في تركيب جزيء صبغة الهيم Heme ، وهي الصبغة الضرورية في المراحل الأخيرة من التنفس . وعند نقصه يختل تكوين الكلوروفيل في النباتات وبالأخص العنب والأشجار . ويزداد الأصفرار ، وتقعد الأوراق لونها الأخضر وبعد ذلك تبيض وتسقط قبل أوانها .

النحاس

يدخل النحاس في تركيب العديد من إنزيمات الأكسدة والاختزال ويساهم في عملية التمثيل الضوئي كما يعتبر ضروريا لتكوين الكلوروفيل في النبات . وبصاحب نقص النحاس ظهور لون أصفر شاحب وباهت بالأوراق ، يعقبه فقدان اللون الأخضر كلية في قمة الأوراق . وتكون الأوراق في حالة مرغية ، ويبطأ النمو .

الكبريت

يدخل الكبريت في تركيب البروتينات (يدخل في تركيب الأحماض الأمينية : سيستين ، سيستائين وميثيونين) ومركبات عضوية أخرى كالإنزيمات ، الفيتامينات ، وزيوت الخردل والثوم . كما يشترك الكبريت في عمليات التنفس وتخليق الدهون . وأكثر النباتات احتوايا على الكبريت هي تلك التابعة للعائلة البقولية والصلبية وكذلك البطاطا . وفي حالة نقص الكبريت في النبات تتكون أوراق صغيرة ذات لون أصفر لامع على السيقان ، كما يؤدي إلى سوء نمو وتطور النبات . ونادرا ما تظهر أعراض نقص الكبريت لتوفره في الأسمدة المختلفة ويمتص على صورة أيون الكبريتات فقط .

الزنك

يسبب نقص الزنك تأثيرا متعدد الجوانب على تبادل الطاقة والمواد في النباتات ، وذلك نتيجة لمشاركته في تركيب انزيمات متعددة وفي تخليق مواد النمو (الأوكسينات) ، إذ يقل نمو النباتات بصورة حادة ويختل التمثيل الضوئي وعمليات الفسفرة ، وتخليق الكربوهيدرات والبروتينات . وتظهر أعراض نقص الزنك على الأوراق الحديثة أولا ، حيث يؤدي نقصه إلى ظهور لون مصفر بين العروق في الورقة ، وتظل العروق خضراء ، وتكون الأوراق صغيرة ، ضيقة ، ومبرقشة ، ومشوهة ، وغير منتظمة الشكل ، وملتوية ، ومتراخمة على أفرع قصيرة . فتأخذ شكلا متوردا . وعند الإصابة الحادة فإن الأغصان تتلف ويؤدي ذلك إلى ظهور تيس القمم . وعموما تختلف أعراض نقص الزنك من محصول لآخر .

المنجنيز

يدخل في تركيب أنزيمات الأكسدة والاختزال . فهو يعمل كمنشط أنزيمي في عمليات التنفس وتمثيل البروتين . كما يعد المنجنيز عنصرا منشطا لتكوين الكلوروفيل . وهو يلعب دورا هاما في امتصاص النبات للنيتروجين على شكل نترات أو أمونيا . ويعتبر البنجر والنباتات الدرنية الأخرى ومحاصيل الحبوب وكذلك التفاح والكريز والعليق والطماطم والسباغ من النباتات الأكثر حساسية لنقصه والتي تتطلب وجوده . والأعراض الأكثر ارتباطا بنقص المنجنيز هي الاصفرار الشديد للأوراق ، حيث تظهر على سطح الورقة وبين العروق بقع صغيرة صفراء ومن ثم فإن الأقسام المصابة تتلف .

البورون

من المعتقد أن البورون يلعب دورا في تكوين الجدر الخلوية ، وفي انتقال السكريات في النبات . كما أنه ضروري لانقسام الخلايا ، وتكوين اللحاء ، وانتقال بعض المحرمونات ، وانبات حبوب اللقاح . والبورون عنصر غير متحرك داخل النبات لذلك تظهر أعراض نقصه على الأوراق الحديثة أولا .

وتبدأ أعراض نقص البورون في الظهور بانحلال خلايا الأنسجة المرستمية التي تحدث فيها انقسامات نشطة ، وهي القمم النامية ومناطق الكامبيوم . وتتأثر الحزم الوعائية بالجذور والسيقان ، ويضطرب انتقال الماء فيها ، فيحدث الذبول الذي يكون غالبا بداية لظهور أعراض نقص العنصر . وفي حالات النقص الشديدة تموت القمم النامية ، وتتشوه الأوراق الحديثة ، وتظهر بقع بنية أو سوداء فلينية في أعضاء التخزين من جذور ودرنات .

المولبدنم

يدخل في تركيب أحد الأنزيمات التي تخترل النترات في النبات إلى أمونيا ، كما يشارك في عمليات تثبيت النيتروجين الجوي التي تقوم بها البقوليات في التكافل مع بكتريا العقد الجذرية وأحشاء التربة المثبتة للنيتروجين التي تتواجد بشكل حر . والأعراض الخارجية لنقص المولبدنم تتشابه مع أعراض نقص النيتروجين وهي توقف واضح نمو النبات ، وعلى أثر ذلك يختل تركيب الكلوروفيل وتتحول النباتات إلى أخضر باهت . كما أن نقص المولبدنم يقوم بالحد من تطور العقد على جذور البقوليات ، وتشوه الأوراق وتلفها قبل لوأنها وانخفاض كبير في الغلة الانتاجية وفي محتوى البروتين في النباتات . وأكثر الحضرارات احتياجا للمولبدنم هي : الحنس والفنيط والطماطم والخيار والبصل والسباخ .

الكلورين

ثبت بالتجربة أن عنصر الكلورين ضروري في عملية التخليق الضوئي ، لأنه يساهم في عملية أكسدة الماء . كما ثبت أيضا أن عنصر الكلورين ضروري للطماطم في المزارع المائية ، ولكن لم يلاحظ نقص الكلورين على النباتات لتوفره كشوائب في التربة والماء والأسمدة .

عناصر أخرى :

ثبتت أهمية عدد من العناصر الأخرى نمو النباتات طبيعيا ، ولكن لا يوجد دليل على ضرورتها لكل النباتات ، هذه العناصر هي :

المغنسيوم

ضروري للألجى الزرقاء المخضرة ولبات الاتربلكس ووظيفته في النبات شديدة الارتباط بالكلورين .

الكوبالت

لم تثبت ضرورة هذا العنصر للنبات بعد ولكن ثبتت ضرورته لبعض الطحالب الزرقاء المخضرة فقط ولو أن بعض الباحثين يعتقدون أن للعنصر دورا حيويا في النبات يستلزم وجود كمية ضئيلة منه في بيئة النمو .

الليكون

ثبتت ضرورة الليكون للأرز وللعديد من الطحالب ، كما وجد أنه يحسن نمو الشعير وعباد الشمس .

الجاليوم

لم تثبت ضرورة الجالسيوم Gallium إلا لنبات حشيشة البط Duck weed وفطر *Aspergillus niger* .

الألمنيوم

يحسن الألمنيوم من نمو العديد من النباتات .

الفاناديوم

لم تثبت ضرورة الفاناديوم Vanadium إلا بالنسبة لبعض الطحالب الخضراء .

السليوم

يعتبر السليوم Selenium ضروريا لعدد قليل من النباتات .

ونود أن نوجه النظر إلى أن التحليل الكيميائي لأنسجة النباتات قد يوضح وجود عدد من العناصر التي لا تعتبر ضرورية هو النبات واستكمال دورة حياته ، ويجب ألا يفهم من وجود هذه العناصر بأنسجة النبات أنها ضرورية له ، غير أن النبات يمتصها ضمن ما يمتص من العناصر المختلفة .

وتجدر الإشارة إلى أن النبات يمتص العناصر المختلفة نتيجة لآليات أو ظروف تعتمد على الخواص الفيزيائية الكيميائية والفسيولوجية وقد يؤدي ذلك إلى امتصاص عناصر ضارة أو سامة بالنبات أو زيادة امتصاص بعض العناصر الضرورية بدرجة تؤدي إلى حدوث أضرار بالنبات مثل امتصاص الصوديوم بواسطة النباتات النامية في الأراضي المتأثرة بالأملاح أو امتصاص البورون عندما يزيد تركيزه في ماء الري أو بيئة النمو .

امتصاص النبات للعناصر الغذائية

نمو النبات محصلة لمعامل شديدة التعقيد ولذلك قابل الباحثون صعوبات مختلفة عند دراستهم لتغذية النبات ، وبعد أن عرفوا أن النبات يمتص العناصر في صورة أيونية عملوا إلى دراسة تنمية النباتات في محاليل العناصر الغذائية تبسيطا للمعامل التي تؤثر على امتصاص هذه العناصر عند تنمية النبات في الأراضي . وعند استعمال المحاليل المغذية لتنمية النباتات اتضح أنه يجب توفير الشروط الآتية فيها :

١ — أن تخضع هذه المحاليل بحيث تحتوى تركيزات من العناصر تتناسب مع معدلات امتصاص النبات لها حتى لا ينفذ أحدها من المحلول قبل العناصر الأخرى .

٢ — أن تكون متوازنة أى يمتص النبات منها مقادير من الكاتيونات مساوية تقريبا لما يمتصه من الأنيونات حتى تنفادى تحول المحلول إلى الحموضة الزائدة إذا امتص النبات مقدارا من الكاتيونات أكبر من الأنيونات وهو ما يعبر عنه « بالحموضة الفسيولوجية » ، أو تحول إلى القلوية بزيادة امتصاص الأنيونات عن الكاتيونات وهو ما يعبر عنه « بالقلوية الفسيولوجية » .

٣ — أن يتوافق تركيب المحلول المغذى مع نوع النبات الذى ينمو فيه . وينمو الكثير من أنواع النباتات في محاليل أطلق عليها « محاليل قياسية » أى تصلح للعديد من النباتات .

وعند تنمية النباتات في المحاليل يقتضى أن يكون تركيز الأملاح بالمحلول بين ١٪ و ٢٪ (وقد يرتفع إلى ٥٪ لظروف خاصة) وهذا التركيز يعادل ضغطا أسموزيا قدره ٥ ، ١٠ جو .

ويتم امتصاص كل من النيتروجين وعناصر الرماد من المحاليل الغذائية أو التربة بواسطة السطح الفعال للمجموع الجذرى الخاص بالنبات على شكل

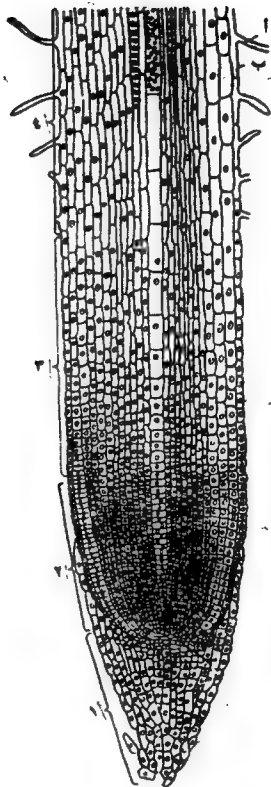
أيونات (سالبة أو موجبة) . فالتيتروجين يمكن أن يمتص على هيئة أيونات الترات السالبة و NO^- وأيونات الأمونيوم الموجبة NH_4^+ . أما بالنسبة للفوسفور والكبريت فيمتصان في صورة أيونات سالبة من حامض الفوسفوريك والكبريتيك ($H_2PO_4^-$ ، SO_4^{2-}) ، وتمتص عناصر كل من البوتاسيوم والكالسيوم والمغنسيوم على هيئة أيونات موجبة Mg^{2+} ، Ca^{2+} ، K^+ أما العناصر الصغرى فيمتص إما على شكل أيونات سالبة (anions) أو أيونات موجبة Cations .

الجهاز الجذرى للنبات وقدرته على الامتصاص

يختلف تركيب المجموع الجذرى وانتشاره وغطى توزيعه وقدرته على الامتصاص باختلاف النبات . ويتم امتصاص العناصر المغذية بواسطة الشعيرات الجذرية الحديثة النامية وهي الجزء النشط أو الفعال من الجهاز الجذرى . ومع تقدم نمو كل شعيرة جذرية يزداد سمك جدارها السطحي ويغطى بالنسيج الفلينى فتفقد قدرتها على امتصاص العناصر الغذائية .

ويكون الجهاز الجذرى المتشعب للنبات سطح امتصاص كبير وتتغير مساحة هذا السطح خلال نمو النبات حتى يصبح أكبر مساحة . ما تكون في مرحلة التزهير . وحتى نستطيع إدراك عملية امتصاص النباتات للمواد الغذائية يجب التعرف على البناء الأولى للجذر (شكل رقم ٣) . ينمو الجذر من طرفه السفلى ، المغطى بالقلنسوة التى تحافظ عليه ، وتقع منطقة الخلايا الخشبية المتجددة بالقرب من المنطقة الخالية من الشعيرات الجذرية ، وتوجد أعلى منطقة الخلايا الخشبية منطقة الاستطالة التى يبدأ فيها تمايز الأنسجة الناقلة ، كما يوجد في هذه المنطقة أيضا نظام الأوعية الناقلة في النبات (اللحاء) ، والذى يتم بواسطته حركة المواد العضوية من الأعضاء العلوية للنبات إلى الجذر . وفي هذه المنطقة أيضا يكتمل تكوين القسم المساعد من النظام الناقل (الخشب) والذى يتم خلاله حركة الماء (وكذلك جزء من الأيونات الممتصة والمواد

شكل رقم (٣) - البناء الأول للجذر
 ١ - اللبنة ، ٢ - منطقة الخلايا
 المجددة ، ٣ - منطقة خلايا الاسطوانة ،
 ٤ - منطقة الشعيرات الجذرية ،
 أ - الشعيرات ، ب - الفلج المحيط



المضوية المتلفة في الجنور) من المجموع الجفري إلى المجموع الحضري والجزء العلوى من النبات بصفة عامة .

أما الشعيرات الجذرية فهي عبارة عن نموات دقيقة للخلايا الخارجية ذات قطر ٥ — ٧٢ ميكرون وطول من ٨٠ — ١٥٠٠ ميكرون ، علما بأن عدد الشعيرات الجذرية يصل إلى عدة مئات لكل مليمتر مربع من سطح الجذر في هذه المنطقة ، وتؤدي الشعيرات الجذرية إلى تضاعف مساحة سطح المجموع الجذرى عشرات المرات وبالتالي تزداد قدرته على امتصاص المواد الغذائية .

وعلى امتداد المسافة الواقعة بين نهاية الجذر ونهاية منطقة الشعيرات الجذرية لا توجد قشرة بالغلاف السيلوزى للخلايا وبذا يكون سهل النفاذية ، ويساهم هذا الجزء من الجذر والخالى من القشرة في امتصاص الماء والمواد الغذائية من المحاليل المغذية أو من التربة . علما بأن أعلى كفاءة امتصاصية للأيونات تتم في منطقة تكوين الشعيرات الجذرية ، والأيونات الداخلة تتحرك من هذا المكان إلى باقى أجزاء النبات .

تأثير ظروف الوسط على امتصاص العناصر المغذية

تمتلك جذور النبات قدرة امتصاصية عالية جدا ، فهي تستطيع أن تمتص المواد الغذائية من المحاليل المخففة جدا ، كما أن أغلبية النباتات تنمو بشكل اعتيادى عندما يحتوى اللتر الواحد من المحلول على ٢٠ — ٣٠ مجم من النيتروجين و K_2O ، ١٠ — ١٥ مجم من P_2O_5 وحتى بمرجات أكثر انخفاضاً من هذه التركيزات في حالة استمرار تجديد هذه المحاليل . كما أن نسبة الملح في المحلول دورا مهما بالنسبة للنمو الطبيعى للجنور أو ما سبق أن عرفناه بالتوازن الفسيولوجى ، فالمحلول المتوازن فسيولوجيا هو ذلك الذى يحتوى على عدد من العناصر المغذية بنسب تلائم أفضل استعمال لها بالنبات ، أما المحلول المكون من ملح واحد فيعتبر غير متوازن فسيولوجيا . فالتركيز العالى لهذا الملح في المحلول يؤثر تأثيرا سلبيا على النبات وبالأخص إذا كانت الزيادة في الأيون

الموجب الحامل لشحنة واحدة (أحادي التكافؤ) ، فالجنور تنمو بشكل أفضل في المحلول متعدد الأملاح ، حيث يتم هنا ما يسمى بالتضاد الأيوني Ionic antagonism وهو أن يمنع الأيون دخول الزيادة من أيون آخر إلى خلايا الجذر ، فعلى سبيل المثال عندما يتواجد الكالسيوم Ca^{+2} بتركيز عال يؤدي إلى خفض أو إيقاف دخول زيادة من أيونات البوتاسيوم K^{+} ، المغنسيوم Mg^{+2} والصوديوم Na^{+} . وتم علاقات التضاد من هذا النوع بالنسبة للكاتيونات K^{+} ، Na^{+} و K^{+} ، NH_4^{+} و K^{+} ، Mg^{+2} وبالنسبة للأنيونات NO_3^{-} ، $H_2PO_4^{-}$ و Cl^{-} وغيرها .

ومن جانب آخر فإن أشد علاقات التضاد تظهر بين الأيونات الأحادية التكافؤ خاصة إذا كان تركيز أحدها أكبر بكثير من تركيز الأيون الآخر أو الأيونات الأخرى . وأفضل طريقة لتجديد التوازن الفسيولوجي هي إضافة أملاح الكالسيوم إلى المحلول ، إذ عند تواجد هذا الأيون في المحلول تنشأ ظروف طبيعية تلائم نمو النظام الجذري ، ولهذا ففى المخاليط المغذية الصناعية يجب أن يسود الكالسيوم على كل الأيونات الأخرى .

ويتدهور نمو الجنور بشدة ويقل دخول المواد المغذية إليها عندما يكون تركيز أيونات الهيدروجين عاليا ، وبمعنى آخر عند إزدياد الحموضة في المحلول . ويؤثر التركيز العالى من هذا الأيون سلبا على الخواص الفيزيائية الكيميائية لسيترولازم خلايا الجنور . فالحلايا الخارجية للجذر تصبح لزجة وتمتلئ نفاذيتها ويتدهور نمو الجذر ويقل امتصاصه من المواد المغذية . والتأثير السالب للتفاعل الحامضى يظهر بشدة في حالة قلة أو عدم وجود الأيونات المرجية الأخرى وبالأخص الكالسيوم في المحلول . فأيون الكالسيوم يوقف دخول أيونات الهيدروجين ، لهذا يلاحظ أنه عند زيادة كمية الكالسيوم تصبح النباتات أكثر قدرة على تحمل الحموضة عنها في حالة عدم وجوده .

من ذلك نستنتج أن تأثير المحلول (رقم PH) يؤثر على دخول بعض الأيونات إلى النباتات وعلى تبادل المواد ، فعند التأثير الحامضي (رقم PH منخفض) يزداد دخول الأيونات السالبة ويقل دخول الأيونات الموجبة ، حيث تختلف عملية تغذية النبات بالنسبة لكل من الكالسيوم والمغنسيوم ويتوقف تخليق البروتين ويعرقل تكوين السكريات في النبات .

أما في حالة التأثير القاعدي فيزداد دخول الأيونات الموجبة وبالمقابل يصعب دخول السالبة .

المحاليل المغذية

في تقنيات الغشاء المغذى

يجب أن يحتوى المحلول المغذى جميع العناصر الغذائية الضرورية لـ نمو النبات . وقد يتواجد بعض العناصر بكميات كافية كشوائب في الماء غير أنه يجب إضافة العناصر الأخرى للمحلول . كما يجب أيضا المحافظة على التركيز المناسب من كل منها .

تركيز المحاليل المغذية

أولا يجب أن نعرف ما هو التركيز . فعندما تذاب مادة مثل فوسفات البوتاسيوم في الماء يقال إن الماء « مذيب » وفوسفات البوتاسيوم « مذاب » ويتكون المحلول من مذاب ينتشر في المذيب بحيث لا يرى ويعبر عن كمية المذاب بالنسبة لكمية المذيب بتركيز المحلول . وتوجد عدة طرق للتعبير عن التركيز . وأحد هذه الطرق شائعة الإستعمال هي أجزاء المذاب لكل مليون جزء من المذيب ويختصر عادة بالجزء في المليون (ح/م PPM) . وعند حساب تركيز الجزء في المليون عندما يكون الماء هو المذيب فيجب استخدام الجرام إذ أن كل ١ مليلتر من الماء يزن واحد جرام تقريبا .

نفترض أنه يراد تجهيز محلول مغذي يحتوى على ٦٠ جزء في المليون من الفوسفور وأن المادة التي سوف نمدنا بالفوسفور هي فوسفات البوتاسيوم ثنائي الهيدروجين KH_2PO_4 . وكل جزء من فوسفات البوتاسيوم يحتوى ذرة بوتاسيوم (K) واحدة وذرتين من الهيدروجين (H) وذرة من الفوسفور (P) وأربع ذرات من الأكسجين (O) . والوزن الذري للبوتاسيوم = ٣٩ وللهدروجين = ١ وللفسفور = ٣١ وللأكسجين = ١٦ (جدول رقم ٤) . وعلى ذلك يكون الوزن الجزيء لفوسفات البوتاسيوم (KH_2PO_4) .

جدول رقم (٤) : الوزن الذرى التقريبى لبعض العناصر

المنصر	الرمز	الوزن الذرى
بورون	B	١١
كالىسيوم	Ca	٤٠
كربون	C	١٢
كلورين	Cl	٣٥
كوبالت	Co	٥٩
نحاس	Cu	٦٤
هيدروجين	H	١
حديد	Fe	٥٦
مغنسيوم	Mg	٢٤
منجنيز	Mn	٥٥
موليدم	Mo	٩٦
نيتروجين	N	١٤
أكسجين	O	١٦
فوسفور	P	٣١
بوتاسيوم	K	٣٩
صوديوم	Na	٢٣
كبريت	S	٣٢
زنك	Zn	٦٥

$١٣٦ = (١٦ \times ٤) + ٣١ + (١ \times ٢) + ٣٩$. ولهذا يكون فى كل
 ١٣٦ جرام من فوسفات البوتاسيوم ٣١ جرام من الفوسفور . وبالتالى فواحد
 جرام من الفوسفور يوجد فى $\frac{١٣٦}{٣١}$ جرام من فوسفات البوتاسيوم . وإذا

أذيت هذه الوزنة في مليون جرام من الماء (مليون مليلتر أو ١٠٠٠ لتر)
تغطى ١ جزء في المليون من الفوسفور . لهذا فتركيز ٦٠ جزء في المليون من
الفوسفور يلزمه كمية من فوسفات البوتاسيوم قدرها ٢٦٣ جرام ($\frac{136}{31} \times$

٦٠) تذاب في ١٠٠٠ لتر من الماء . وبإختصار تكون خطوات الحساب
كالتالى :

- ١ — يكتب التركيز المطلوب من العنصر : ٦٠ جزء في المليون فو .
- ٢ — بحسب الوزن الجزيء من المادة المستخدمة : $KH_2PO_4 = 136$.
- ٣ — بحسب وزن المادة الذى يعطى ١ جزء في المليون فو : $\frac{136}{31}$ جرام .
- ٤ — بحسب وزن المادة الذى يلزم لاعطاء ٦٠ جزء في المليون فو :
 $60 \times \frac{136}{31} = 263$ جرام .

وعند إذابة ٢٦٣ جرام من فوسفات البوتاسيوم في ١٠٠٠ لتر من الماء فإن
المحلول المغذى لا يحتوى على ٦٠ جزء في المليون من الفوسفور فقط وإنما
يحتوى أيضا على بعض البوتاسيوم . وتركيز البوتاسيوم في المحلول بحسب
كالتالى :

- ١ — الوزن الجزيء لفوسفات البوتاسيوم $(KH_2PO_4) = 136$.
- ٢ — نسبة البوتاسيوم في فوسفات البوتاسيوم $= \frac{K}{KH_2PO_4} = \frac{39}{136}$.
- ٣ — وزن البوتاسيوم في فوسفات البوتاسيوم المذابة $= \frac{39}{136} \times 263 = 75$ جرام .

ولأن فوسفات البوتاسيوم مذاب في ١٠٠٠ لتر من الماء فهذا يعنى أن
تركيز البوتاسيوم يكون ٧٥ جزء في المليون بينما تركيز البوتاسيوم المطلوب في

المحلول المغذى ٣٠٠ جزء في المليون (جدول رقم ٥) . لهذا يجب إضافة ٢٢٥ جزء في المليون من البوتاسيوم بدون إضافة أى زيادة من الفوسفور — ويمكن تحقيق ذلك بإضافة نترات البوتاسيوم (KNO_3) . ومن جدول رقم ٤ فإن الوزن الجزئى لنترات البوتاسيوم يكون $39 + 14 + (3 \times 16) = 101$.

جدول رقم (٥) : التركيزات النموذجية (جزء في المليون)
للعناصر في المحلول المغذى المناسب
لنظام الغشاء المغذى

التركيز	الرمز	العنصر
٢٠٠	N	نيتروجين
٦٠	P	فوسفور
٣٠٠	K	بوتاسيوم
١٧٠	Ca	كالمسيوم
٥٠	Mg	مغنسيوم
١٢	Fe	حديد
٢	Mn	منجنيز
٠,٣	B	بورون
٠,١	Cu	نحاس
٠,٢	Mo	موليدنم
٠,١	Zn	زنك

وفي جزئى واحد من نترات البوتاسيوم يوجد ذرة واحدة من البوتاسيوم . وعلى هذا فإن كمية نترات البوتاسيوم التى تعطى ١٠ جزئى في المليون

(1 ppm) بوتاسيوم تكون $\frac{1.01}{39}$ جرام لأنه في كل ١.٠١ جرام من نترات

البوتاسيوم يوجد ٣٩ جرام من البوتاسيوم . لهذا فكمية نترات البوتاسيوم التي تحتاج إليها تعطى ٢٢٥ جزء في المليون K هي $\frac{1.01}{39} \times 225 = 583$ جرام .

وعلى هذا فإن إضافة ٥٨٣ جرام من نترات البوتاسيوم للمحلول المغذى سوف تمدنا أيضا ببعض النيتروجين .

ونسبة النيتروجين في نترات البوتاسيوم من الأوزان الذرية والجزيئية المعطاة سابقا تكون $\frac{14}{101}$. وعلى ذلك فوزن النيتروجين في ٥٨٣ جرام من نترات

البوتاسيوم يكون $81 = \frac{14}{101} \times 583$ جرام . أى أن تركيز النيتروجين في

المحلول المغذى يكون ٨١ جزء في المليون لأن حجم المحلول المغذى والمذاب فيه نترات البوتاسيوم هو ١٠٠٠ لتر . ولكن من جدول رقم ٥ فإن تركيز النيتروجين المناسب هو ٢٠٠ جزء في المليون . وبناء على ذلك يلزمنا ١١٩ جزء في المليون من النيتروجين بدون إضافة أى زيادة من البوتاسيوم . وهذا يمكن تحقيقه بإضافة نترات الكالسيوم $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$. فمن جدول رقم ٤ يكون الوزن الجزيء لنترات الكالسيوم هو $200 = 16 + (1 \times 2) + 14 \times 3 + 4 \times 18$. وفى كل جزء من نترات الكالسيوم يوجد ذرتان من النيتروجين . وعلى هذا فكمية نترات الكالسيوم التي تعطى ١ جزء في المليون من النيتروجين (N) تكون $\frac{200}{14 \times 2} = 7.14$ جرام .

وبذلك فكمية نترات الكالسيوم اللازمة لأعطاء الـ ١١٩ جزء في المليون من النيتروجين هي $119 \times 7.14 = 850$ جرام . ولكن إضافة ١٠٠٣

جرام من نترات الكالسيوم للمحلول المغذى سوف يمدنا أيضا ببعض الكالسيوم . ونسبة الكالسيوم في نترات الكالسيوم من معرفة الأوزان الذرية

والجزئية المعطاة سابقا هي $\frac{40}{236}$. وعليه يكون وزن الكالسيوم في الـ ١٠٠٣

جرام من نترات الكالسيوم هو $1003 \times \frac{40}{236} = 170$ جرام . هذا يعنى

أن تركيز الكالسيوم في المحلول المغذى يكون ١٧٠ جزء في المليون لأن حجم المحلول المغذى المذاب فيه نترات الكالسيوم هو ١٠٠٠ لتر .

إذن فإذا به ٢٦٣ جرام من فوسفات البوتاسيوم ، ٥٨٣ جرام من نترات البوتاسيوم و ١٠٠٣ جرام من نترات الكالسيوم في ١٠٠٠ لتر من الماء تعطى محلولاً مغذياً يمتوى على ٦٠ جزء في المليون فو (P) ، ٣٠٠ جزء في المليون بو (K) ، ٢٠٠ جزء في المليون ن (N) و ١٧٠ جزء في المليون كالسيوم Ca . ومن الضروري الاستمرار في إضافة المواد للماء حتى يتواجد في المحلول كل العناصر الضرورية والموضحة في جدول رقم ٥ .

ويمكن إضافة المغنسيوم على صورة كبريتات المغنسيوم والحساب يكون كالآتي :

١ - المطلوب ٥٠ جزء في المليون مغنسيوم .

٢ - الوزن الجزيئى لكبريتات المغنسيوم = $24 + 32 + (4 \times 16)$
 $7 + (1 \times 2) + 16 = 246$.

٣ - أجزاء في المليون مغنسيوم = $\frac{246}{24}$ جرام كبريتات ماغنسيوم .

٤ - ٥٠ جزء في المليون مغنسيوم = $\frac{246 \times 50}{24} = 513$ جرام كبريتات

مغنسيوم .

أى يلزم إذابة ٥١٣ جرام من كبريتات المغنسيوم في ١٠٠٠ لتر من المحلول المغذى .

ويمكن أن يضاف الحديد في صورة حديد حقيد (أى مخلوب) (Fe-Na-EDTA) . والمخلب أو التقييد عملية كيميائية يتفاعل فيها المركب العضوى مع الأيون المعدنى ليكون معقدا ثابتا ذاتيا في الماء وخاملا نسبيا . والصورة البسيطة من الحديد غير ثابتة نسبيا في المحاليل المغلقة — فيمكن أن يتحول الحديد إلى صورة لا يستطيع النبات امتصاصها . والمخلب يعطى ثباتا أكبر . والحديد المخلبي Fe-EDTA هو ملح الحديد في أحادى الصوديوم لحمض الاثيلين داي أمين ثلاثى حمض الخليك $\text{Ethylene diamine tetraacetic acid}$ والحساب يكون كالآتى :

١ — مطلوب ١٢ جزء في المليون حديد .

$$٢ — \text{الحديد المخلبي وزنه الجزيئى} = ٢ [١٢ + ٢ + ١٤ + (٢ \times ٥٨)] = ٢٦٧$$

$$٣ — ١ جزء في المليون حديد (Fe) = \frac{٣٦٧}{٥٦} \text{ جرام حديد مخلبي .}$$

$$٤ — ١٢ جزء في المليون حديد (Fe) = \frac{٣٦٧}{٥٦} \times ١٢ = ٧٩ \text{ جرام}$$

حديد مخلبي .

ويمكن اضافة المنجنيز في صورة كبريتات منجنيز ومطلوب بنسبة ٢ جزء في المليون Mn . وكبريتات المنجنيز $\text{Mn SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ وزنها الجزيئى = ١٦٩ . وواحد جزء في المليون Mn = $\frac{١٦٩}{٥٥}$ جرام كبريتات منجنيز و ٢ جزء في

$$\text{المليون Mn} = ٢ \times \frac{١٦٩}{٥٥} = ٦,١ \text{ جرام كبريتات منجنيز .}$$

والبورون مصدره حامض البوريك (H_3BO_3) والتركيز المطلوب ٣, جزء في المليون (B) . والوزن الجزيئى لحمض البوريك = ٦٢ . فواحد جزء في المليون بورون (B) = $\frac{٦٢}{١١}$ جرام حامض بوريك .

وبذلك يكون ٣ جزء في المليون بورون = ٣ × $\frac{٦٢}{١١}$ = ١,٧ جرام

حامض بوريك .

والنحاس مصدره كبريتات النحاس ومطلوب ١ جزء في المليون نحاس
 Cu . والوزن الجزيء لكبريتات النحاس $\text{Cu SO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ يساوى ٦٤ +
 $٣٢ + ١٦ \times ٤ + ٥ + [١٦ + (١ \times ٢)] = ٢٥٠$. فواحد جزء في
 المليون $\text{Cu} = \frac{٢٥٠}{٦٤}$ جرام كبريتات نحاس . وبذلك يكون ١ جزء في المليون
 $\text{Cu} = \frac{٢٥٠}{٦٤} \times ١ = ٣,٩$ جرام كبريتات نحاس .

ومصدر المولبدنم هو مولبيدات الأمونيوم $(\text{NH}_4)_6 \text{Mo}_7 \text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
 ومطلوب ٢ جزء في المليون Mo . والوزن الجزيء لمولبيدات الأمونيوم هو
 ١٢٣٦ يكون :

١ جزء في المليون $\text{Mo} = \frac{١٢٣٦}{٩٦ \times ٧}$ جرام مولبيدات أمونيوم وبذلك يكون
 ٢ جزء في المليون $\text{Mo} = \frac{١٢٣٦}{٩٦ \times ٧} \times ٢ = ٣,٧$ جرام مولبيدات أمونيوم .

وكمية النيتروجين المضافة من مولبيدات الأمونيوم يمكن إهمالها لأنها نسبة
 صغيرة جدا بالنسبة للنيتروجين الكلى المضاف .

ومصدر الزنك هو كبريتات الزنك ومطلوب منه ١ جزء في المليون Zn
 وكبريتات الزنك $\text{Zn SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ لها وزن جزيء ٢٨٧ وبذلك يكون :

١ جزء في المليون $\text{Zn} = \frac{٢٨٧}{٦٥}$ جرام كبريتات زنك و ١ جزء في المليون
 $\text{Zn} = \frac{٢٨٧}{٦٥} \times ١ = ٤,٤$ جرام كبريتات زنك .

هذه الحسابات تعطى أوزان المواد المطلوبة لإذابتها في ١٠٠٠ لتر من الماء (جدول رقم ٦) لتعطى التركيزات النموذجية النظرية من العناصر الموجودة في جدول رقم ٥. هذه الحسابات لا تأخذ في الاعتبار وجود أى شوائب في المواد المستخدمة فالمفروض أن كل المواد المستخدمة نقية تماما. نعمل هذا فمن اللازم معرفة نسبة الشوائب في كل مادة لعمل التصحيحات المناسبة في الأوزان المطلوبة (جدول رقم ٦). فعلى سبيل المثال . إذا كانت نسبة النقاوة بترات الكالسيوم المستخدمة ٩٠٪ فقط . فمن الضروري ضرب وزن المادة النقية من نترات الكالسيوم المعطاة في جدول رقم (٦) (١٠٠٣ جرام) في $\frac{100}{90}$ لتعطى وزن المادة الغير نقية من نترات الكالسيوم المطلوبة ، فتكون

$$1114 = \frac{100}{90} \times 1003 \text{ جرام .}$$

جدول رقم (٦) : أوزان المواد النقية المطلوب إذابتها في ١٠٠٠ لتر من الماء لتعطى التركيزات المثالية

المادة	الرمز	الوزن بالجرام
فوسفات بوتاسيوم ثنائى الهيدروجين	KH_2PO_4	٢٦٣
نترات بوتاسيوم	KNO_3	٥٨٣
نترات كالسيوم	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	١٠٠٣
كبريتات مغنسيوم	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	٥١٣
حديد غلبى	$[\text{CH}_2\text{N}(\text{CH}_2\text{COO})_2]_2\text{-Fe Na}$	٧٩
كبريتات منجنيز	$\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	٦,١
حمض يوريك	H_3BO_3	١,٧
كبريتات نحاس	$\text{CuSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	٣٩
موليبdates أمونيوم	$(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	٣٧
كبريتات زنك	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	٤٤

وأوزان المواد النقية المعطاة في جدول رقم (٦) عند إذابتها في ١٠٠٠ لتر من الماء تعطى محلولاً له درجة توصيل كهربى حوالى ٣٠٠٠ ميكروموز (٣ ملليموز أو ds/m أو $CF = 30$) إذا كان الماء نقياً بدرجة معقولة . وبعبارة أخرى فإن CF للماء مبدئياً سوف يكون منخفضاً بدرجة معقولة وإضافة أوزان العناصر الغذائية المعطاة في جدول رقم (٦) سوف ترفع CF إلى ٢٠ — ٣٠ ومع نمو المحصول يسحب أو يمتص بعض هذه العناصر الغذائية من المحلول المغذى وعندما تنخفض الـ CF إلى ٢٠ ، يجب إضافة العناصر الغذائية لترفع الـ CF إلى ٣٠ تقريباً . وهذا يتطلب أوزاناً صغيرة من تلك المواد المعطاة في جدول رقم ٦ ويمكن اعتبار أن ^١ أوزان المواد المعطاة في جدول رقم ٦ مناسبة

للاضافة لرفع الـ CF إلى ما يقرب من ٣٠ .

تجهيز المحلول الأصل

افترضنا في الجزء الذى يهم بتركيز المحلول المغذى أن المواد التى تمد العناصر الغذائية توزن أولاً ثم تذاب في الماء الدائر في نظام الغشاء المغذى . وهذه طريقة ملائمة في حالة التحكم اليدوى في امداد النبات بالعناصر وقد يكون من الأفضل أحياناً استخدام محاليل أصلية سابقة التحضير — وليس إضافة الأملاح — للتحكم اليدوى أما في حالة التحكم الأوتوماتيكى فيكون استعمالها ضرورياً .

والمحلول الأصل هو عبارة عن محلول غذائى مركز . ويضاف حجم صغير من المحلول الأصل إلى الماء الدائر في نظام الغشاء المغذى لتوفير العناصر الغذائية . ولتحضير المحاليل الأصلية يجب تفهم الذوبان . فالمحلول المشبع يحتوى على أعلى كمية من المذاب التى تنوب في كمية من المذيب عند درجة الحرارة العادية . ويوضح جدول رقم ٧ ذوبان المواد المستخدمة في تحضير المحلول المغذى في الماء البارد . ويمكن إذابة ١٣ جرام فقط من نترات البوتاسيوم في ١٠٠ مليلتر من الماء البارد ، بينما يذوب ٢٦٦ جرام من نترات

الكالسيوم في ١٠٠ مليلتر من الماء البارد . وكقاعدة عامة يمكن القول إن ذوبان المواد الصلبة في الماء يزداد بزيادة درجة حرارة الماء .

جدول رقم (٧) : درجة الذوبان التقريبية لبعض المواد في الماء البارد (جم / ١٠٠ مليلتر)

المادة	الرمز	الذوبان
هوسفات البوتاسيوم ثنائي الهيدروجين	KH_2PO_4	٩٠
نترات البوتاسيوم	KNO_3	١٣
نترات الكالسيوم	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	٢٦٦
كبريتات المغنسيوم	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	٧١
كبريتات المنجيز	$\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	٩٨
حمض البوريك	H_3BO_3	٦
كبريتات النحاس	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	٣١
مولبيدات الأمونيوم	$(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	٤٣
كبريتات الزنك	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	٩٦

ولتفهم تركيب المحلول الأصلي يجب تفهم الترسيب . والترسيب هو إزالة مادة من المحلول كنتيجة لتفاعل كيميائي بين مادتين مذابتين وتكون النتيجة تكوين مادة جديدة أقل ذوبانا ترسب على صورة صلبة . وفي المحلول المشبع يكون لحاصل ضرب تركيزات كاتيونات وأنيونات المادة الذائبة قيمة خاصة بهذه المادة . وهو ما يسمى بحاصل الإذابة . فعندما يزيد حاصل ضرب الأيونات (كاتيونات وأنيونات) عن حاصل الإذابة يتكون الراسب . وعلى ذلك فعندما تتفاعل مادتان ذائبتان في الماء ليكونا مادة ثالثة أقل ذوبانا ، لا يتكون راسب المادة الثالثة إذا كان حجم الماء كبيرا بدرجة كافية بالنسبة إلى ذوبان المادة الجديدة . وإذا كان حجم الماء غير كاف فإن الراسب سوف يتكون . ولهذا السبب من الضروري تجنب الترسيب عند تجهيز المحاليل الأصلية (وهي محاليل مركزة في حجم صغير من الماء) .

ولتحقيق ذلك يمكن تحضير محلول أصلي لكل مادة ، غير أنه نظرا للحاجة إلى ٩ مواد في المحلول المغذى لنظام الفشاء المغذى ، فإن هذا العدد الكبير من المحاليل الأصلية يكون مربكا . ومن الممكن خلط معظم المواد بدون ترسيب . وأكبر المواد كمية هي نترات الكالسيوم ويجب ملاحظة عدم خلطها مع كبريتات المغنسيوم في المحلول الأصلي لأنها تكون راسبا من كبريتات الكالسيوم ذات نسبة ذوبان منخفضة فتترسب .

ومن المفضل تجهيز محلول أصلي (أ) من نترات الكالسيوم لا يحتوى شيئا آخر ما عدا الحديد المخلوب (المقيد) EDTA-Fe أما المواد الأخرى الموجودة في جدول رقم ٨ فيمكن خلطها معا في محلول أصلي آخر (ب) . ويوضع الحديد المخلوب مع نترات الكالسيوم حتى لا يحدث تغير في اللون . فعندما يذاب الحديد المخلوب في الماء يكون لون المحلول المركز بني محمر . فإذا شمل المحلول الثانى الحديد المخلوب فإن كثافة اللون تقل تدريجيا ويحدث بعض الترسيب . بينما لا يوجد تغير في اللون عندما يكون الحديد المخلوب موجودا في المحلول الأصلي لنترات الكالسيوم . وعند إضافة كبريتات النحاس إلى المحلول الأصلي الثانى فمن المفضل إذابة كبريتات النحاس منفصلة في قليل من الماء ثم يضاف المحلول إلى المحلول الأصلي ، أو تذاب كبريتات النحاس أولا في المحلول الأصلي قبل إضافة أو إذابة أى من المواد الأخرى . وذلك حتى لا يتكون راسب من بلورات كبريتات النحاس ويصبح ذوبانها أكثر صعوبة .

تجهيز المحلولين الأصليين

باعتبار أن حجم الماء المناسب للاستعمال هو ٤٥ لتر لكل من المحلولين الأصليين (أ ، ب) وذلك لسهولة الحصول على الأوعية البلاستيكية غير المنفذة للضوء بهذا الحجم . ويوضح جدول رقم ٨ أنه يلزم كمية كبيرة من نترات البوتاسيوم . ويتضح من جدول رقم ٧ أن درجة ذوبان هذا الملح — نترات البوتاسيوم — منخفضة (١٣ جرام في ١٠٠ مليلتر من الماء البارد) . وعلى ذلك يتحدد تجهيز المحلول المركز الأصلي المخلوط بـ ذوبان نترات

البوتاسيوم . وعند تحضير ٤٥ لتر من المحلول الأصلي يذاب $١٣٠ \times ٤٥ = ٥٨٥٠$ جرام من نترات البوتاسيوم . ومن جدول رقم ٦ يتضح أن ٥٨٣ جرام من نترات البوتاسيوم تلزم لحجم من الماء الدائر في نظام الفشاء المغلدي قدره ١٠٠٠ لتر . وعلى ذلك $\frac{٥٨٥٠}{١٠٠٠} = ٥.٨٥$ هو أعلى تركيز من نترات

٥٨٣

البوتاسيوم الذي يمكن تحضيره في المحلول الأصلي . ولذلك تضرب الأوزان في جدول رقم ٦ في ١٠ فنحصل على الأوزان الموضحة في جدول رقم ٨ . وهذه هي أوزان المواد التي سوف تذاب في ٤٥ لتر ماء لتحضير كل من المحلولين الأصليين .

جدول رقم (٨) : أوزان المواد النقية التي يمكن إذابتها في ٤٥ لتر من الماء لتحضير المحاليل الأصلية .

المادة	الرمز	الوزن
نترات الكالسيوم -	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	١٠٠٣٠
الحديد المخلّب	$\text{CH}_2\text{N}(\text{CH}_2\text{COO})_2\text{Fe-Na}$	٧٩٠
فوسفات البوتاسيوم ثنائي الهيدروجين	KH_2PO_4	٢٦٣٠
نترات البوتاسيوم	KNO_3	٥٨٣٠
كبريتات المغنسيوم	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	٥١٣٠
كبريتات المنجنيز	$\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	٦١
حمض البوريك	H_3BO_3	١٧
كبريتات نحاس	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	٣,٩
مولبيدات الأمونيوم	$(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	٣,٧
كبريتات زنك	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	٤,٤

في هذه الحسابات لم يؤخذ في الاعتبار الشوائب التي قد تكون موجودة في المواد ، فقد افترض أن المواد المستخدمة نقية . ولذا يجب أن يؤخذ في الاعتبار

نسبة الشوائب الموجودة في المواد المستخدمة وإعادة ضبط الحسابات والأوزان
الموضحة في جدول رقم ٨ .

ومن المحاليل الأصلية سالفة الذكر يؤخذ $\frac{1}{2}$ لتر من المحلول الأصلي (أ)

و $\frac{1}{2}$ لتر من المحلول الأصلي (ب) إلى كل ١٠٠٠ لتر من الماء الدائر في

نظام الغشاء المغذى . وإذا كانت كمية الماء الدائر أقل أو أكثر من ١٠٠٠ لتر
فحينئذ يزداد أو ينقص حجم المحلول الأصلي الذي يضاف . وللماء الدائر في
نظام الغشاء المغذى درجة توصيل كهربائي حتى قبل أن يضاف إليه المحلول
الأصلي . ويختلف التوصيل الكهربائي للماء حسب مصدر هذا الماء ، فالماء
الملحي ذو توصيل كهربائي مرتفع . فإذا كان التوصيل الكهربائي للماء على
سبيل المثال ٠,٥ د س / م (٥٠٠ ميكروموس أو ٠,٥ ملليموز / سم) أو
معامل توصيله (CF) = ٥ فإن الكمية المضافة من المحلول الأصلي أ ، ب
($\frac{1}{2}$ لتر) لكل ١٠٠٠ لتر من الماء الدائر سوف تزيد من التوصيل وسوف

يكون الـ CF بين ٢٠ ، ٣٠ .

وعند عمل المحلول البادئ في الخزان الجامع Catchment tank أو الخندق
الجامع Catchment trench في نظام الغشاء المغذى فمن المهم أن تكون إضافة
المواد الكيميائية إلى الماء في الترتيب الصحيح حتى لا يحدث ترسيب .

صور النتروجين المستخدم في المحلول المغذى

عند بداية إنشاء وتطوير طريقة الغشاء المغذى ماتت نباتات الطماطم
الصغيرة خلال أسابيع قليلة من وضعها في قنوات نظام الغشاء المغذى .
وبالفحص تبين أن سيقان النباتات قد حدث لها ضرر من المحلول المغذى عند
سطح السائل (في المنطقة التي فوق سطح السائل) . إذ ماتت الأنسجة
الخارجية للساق عند هذه النقطة وأصبح لونها يينا . وقد لوحظ أن هذه

الظاهرة تصاحب استعمال النيتروجين في صورة أمونيوم (NH_4) في المحلول .
 بينما لم يحدث أى ضرر عندما كان النيتروجين كله في صورة نترات (NO_3) .
 كما يتضح أن نباتات الطماطم الكبيرة مقاومة لهذا الضرر الناتج عن استخدام
 النيتروجين الأمونيومى ولو أن نمو الجنور قد تأثر . وفى حالة وجود نسبة قليلة
 من النيتروجين الأمونيومى (٢٠٪ من النيتروجين الكلى) لوحظ ذبول نباتات
 الطماطم الصغيرة خلال الجزء الحار من الأيام المشمسة . ولذلك فنوصى بأن
 يكون جميع النيتروجين المستخدم فى نظام الغشاء المغذى في صورة نترات
 (NO_3) وألا يستخدم النيتروجين الأمونيومى .

ويقتضى إجراء بعض الدراسات عن استخدام النيتروجين الأمونيومى في
 نظام الغشاء المغذى — إذ من المحتمل أن تقاوم نباتات الطماطم النيتروجين
 الأمونيومى ولكن النسبة الملائمة التى لا تسبب ضررا غير معروفة . كما أنه من
 المحتمل أيضا أن تكون المحاصيل الأخرى أكثر مقاومة للنيتروجين الأمونيومى
 من الطماطم .

لذا فيجب إجراء مزيد من الدراسات لإيجاد النسب المأمونة من النيتروجين
 الأمونيومى في الكمية الكلية المضافة من النيتروجين التى لا تقلل المحصول
 والتى قد تفيد في خفض مقدار الحامض إللازم لضبط رقم الـ PH عند ٦
 خصوصا في المناطق التى يستخدم فيها ماء يحتوى على تركيز مرتفع من
 الكالسيوم . أما في المناطق التى يستخدم فيها ماء حامضى فلا ينصح باستخدام
 الأمونيوم لأنه يساعد على زيادة الحموضة .

وقد أوضحت دراسات تكوين المحاليل المغذية باستخدام نيتروجين
 أمونيومى أنه لا ضرر منه في المناطق التى يحتوى ماؤها كمية عالية من
 الكالسيوم الذائب . وبمعنى آخر فإن إضافة الكالسيوم أو استخدام نترات
 الكالسيوم غير مرغوب فيه .

وفى حالة عدم استخدام نترات الكالسيوم بسبب وجود كمية كافية من
 الكالسيوم في الماء المحلى المستخدم فإن الحسابات المستخدمة والتى أشرنا إليها

لتركيب المحاليل الغذائية يمكن تعديلها باستخدام نترات الأمونيوم (NH_4NO_3) بدلا من نترات الكالسيوم لتوفير النيتروجين اللازم بالإضافة للموجود في نترات البوتاسيوم . ومن الحسابات يتضح أن ٢٦٣ جرام من فوسفات البوتاسيوم و ٥٨٣ جرام من نترات البوتاسيوم قد أذيت في ١٠٠٠ لتر من الماء لإيجاد محلول غذائي يحتوى ٦٠ جزء في المليون فوسفور و ٣٠٠ جزء في المليون بوتاسيوم و ٨١ جزء في المليون نيتروجين . ويوضح جدول رقم ٥ أنه يلزم ٢٠٠ جزء في المليون نيتروجين أى أنه يجب إضافة ١١٩ جزء في المليون نيتروجين يمكن توفيرها من نترات الأمونيوم كما يتضح من الحسابات التالية :

١ — المطلوب ١١٩ جزء في المليون نيتروجين .

$$2 - \text{الوزن الجزئى لنترات الأمونيوم } \text{NH}_4\text{NO}_3 = 14 + (1 \times 4) + 14 = (16 \times 3) + 14 = 80 .$$

$$3 - \text{لايجاد ١ جزء في المليون نيتروجين يذاب } \frac{80}{28} \text{ جرام من نترات}$$

الأمونيوم في ١٠٠٠ لتر من المحلول المغذى .

$$4 - \text{لايجاد ١١٩ جزء في المليون نيتروجين يذاب } \frac{80}{28} \times 119 = 340 .$$

جرام من نترات الأمونيوم في ١٠٠٠ لتر من المحلول المغذى .

فعندما يحتوى الماء المحلى على كمية كافية من الكالسيوم المذاب فإن النيتروجين الإضافى يمكن توفيره بوزن أصغر من نترات الأمونيوم (٣٤٠ جرام) بدلا من ١٠٠٣ جرام من نترات الكالسيوم كما ستخفص كمية الحامض اللازم إضافتها للتحكم في PH المحلول . أما إذا لم يوجد كالسيوم ذائب في الماء المستخدم فيمكن توفير النيتروجين في المحلول بإذابة ١٠٠٣ جرام من نترات الكالسيوم وفي الحالات الوسيطة بين الحالتين السابقتين فيمكن استخدام جزء من نترات الأمونيوم وجزء من نترات الكالسيوم وتحدد الأوزان النسبية بينهما من كمية الكالسيوم في الماء المستخدم .

النسبة بين البوتاسيوم والنيتروجين في المحلول المغذى

عند تسميد الطماطم النامية في التربة تكون النسبة بين البوتاسيوم والنيتروجين (K:N) أهمية كبيرة ويقضى ضبط هذه النسبة في تسميد المحصول خلال موسم النمو . ويعتقد أن كل من كمية المحصول وجودة الثمار يتأثر بهذه النسبة . وذلك لأنه من المعروف أنه إذا كانت هذه النسبة زائدة الانخفاض تقل جوده الثمار وإذا كانت زائدة الارتفاع يقل المحصول . ولهذا السبب فقد أخذ في الاعتبار أثر نسبة البوتاسيوم إلى النيتروجين في المحلول المغذى منذ استخدام نظام الزراعة بأسلوب الغشاء المغذى . وقد أتضح أن ظاهرة تحمل المحاصيل المزروعة بهذا النظام لمدى واسع من العناصر المغذية تمتد أيضا إلى نسبة البوتاسيوم إلى النيتروجين في المحلول . إذ لوحظ أن تأثير نسب من البوتاسيوم إلى النيتروجين من ٢٦ : ١ إلى ١ : ١ قليل على كل من جوده ومحصول الطماطم مادامت الكمية الحقيقية من كل من البوتاسيوم والنيتروجين ليست صغيرة بحيث تسبب فقرا أو كبيرة فتسبب تسمما .

وقد أتضح أيضا أن محاصيل الطماطم النامية بنظام الغشاء المغذى تحصل على النسبة الملائمة لها من البوتاسيوم إلى النيتروجين بصرف النظر عن نسبة البوتاسيوم إلى النيتروجين في المحلول المغذى الدائر Recirculating Solution . كما أن هذه النسبة تتغير بتغير مراحل نمو النبات . ففي دراسة على محصول الطماطم النامي بنظام الغشاء المغذى في انجلترا وضعت فيها نباتات الطماطم في قنوات الغشاء المغذى بعد أيام قليلة من الإنبات في شهر نوفمبر . وكانت نسبة البوتاسيوم إلى النيتروجين المستنفذ (بالامتصاص) من المحلول على فترات أسبوعية لمدة ٦ شهور موضحة في جدول رقم ٩ . ومن هذا الجدول يتضح أنه خلال الشهرين الأولين (ديسمبر ويناير) كانت نسبة البوتاسيوم إلى النيتروجين المحتص حوالى ١ : ١ . وخلال الشهر الثالث (فبراير) كانت النسبة ١,٥ : ١ . وخلال الشهر الرابع (مارس) كانت النسبة تقريبا ٢ : ١ . ويبدأ الحصاد في نهاية شهر مارس في الأسبوع السابع عشر — ومن هذا

جدول رقم (٩) : نسبة البوتاسيوم إلى النيتروجين المزالة بمحصول
الطماطم من المحلول الدائر في نظام الغشاء المغذي

الأسبوع	البوتاسيوم : النيتروجين
٩ - ١	١ : ١,١
١٠	١ : ١,٥
١١	١ : ١,٤
١٢	١ : ١,٦
١٣	١ : ١,٦
١٤	١ : ٢,٠
١٥	١ : ٢,٤
١٦	١ : ٢,٤
١٧	١ : ٢,٤
	بدأ جمع المحصول
١٨	١ : ٢,٢
١٩	١ : ١,٩
٢٠	١ : ٢,١
٢١	١ : ١,٩
٢٢	١ : ١,٩
٢٣	١ : ١,٩

الوقت إلى نهاية الموسم كانت النسبة حوالى ٢ : ١ . هذا يؤكد أن احتياجات
النباتات الصغيرة الورقية من البوتاسيوم والنيتروجين تكون بنسبة ١ : ١
وعندما يبدأ تكون الثمار تزداد النسبة وتصل إلى $٢ \frac{1}{2}$: ١ قليل بداية الحصاد ثم
٢

ثبتت هذه النسبة عند ٢ : ١ . ومع ذلك نظرا لتحمل محاصيل نظام الغشاء
المغذى للمدى واسع من العناصر المغذية ، فلا حاجة لضبط نسبة البوتاسيوم إلى
النيتروجين في المحلول المغذى شرط أن تتوفر كمية كافية من البوتاسيوم لمقابلة

الاحتياجات العالية منه . كما لوحظ أيضا في الذرة السابقة أن نسبة البوتاسيوم إلى النيتروجين المتبعة بمحصول الطماطم تتغير بالرغم من تثبيت نسبة البوتاسيوم إلى النيتروجين في المحلول الدائر عند ١,٥ : ١ تقريبا . وكان المحصول الناتج جيدا والثمار ذات جودة عالية .

حدود نقص وسمية العناصر بالمحلول المغذى

لا توجد معلومات كافية عن حدود تركيزات العناصر الغذائية التي يحدث عندها أعراض نقص أو سمية هذه العناصر عند تنمية النباتات بطريقة الغشاء المغذى . ويبدو أن مدى التحمل الكبير لهذه النباتات لإمداد العناصر في نظام الغشاء المغذى يرجع إلى تقنيات الطريقة نفسها باستمرار تدفق المحلول المغذى على الجذور وعدم وجود بيئة صلبة تنمو بها الجذور . والظاهر أن حدود نقص أو سمية العناصر المعروفة من الأعراض التي تظهر على النباتات النامية في بيئة صلبة أو في مزرعة مائية (بدون تدفق مستمر للمحلول المغذى مارا بالجذور) لا تلائم ما يحدث في الزراعة بنظام الغشاء المغذى . وتوجد بعض البيانات عن تركيز كل من النيتروجين والبوتاسيوم الذي يتضح عنده فقر نباتات العشبيات في نظام الغشاء المغذى . وقد أوضحت دراسات معهد بحوث زراعة العشبيات في إنجلترا أن تركيزا منخفضا من النيتروجين يصل إلى ٠,١ جزء في المليون في المحلول المتدفق على الجذور كان كافيا لنمو عادي وتركيز مناسب للنيتروجين في أوراق الراى Rye grass . كما تبين أيضا أن أقل من ١٠ جزء في المليون من النيتروجين قد أعطى نموا كبيرا من نباتات مشجرة من الطماطم ولكن التركيز الأقل من ذلك (١٠ جزء في المليون) الذي يبدأ عنده انخفاض النمو غير معروف . وقد أوضحت دراسات في جامعة أستراليا الغربية أن ١٤ صنف من أصناف الأعشاب قد ظهر عليها أعراض نقص البوتاسيوم عندما كان تركيزه بالمحلول المغذى ٠,٤ جزء في المليون . ومع ذلك جُعلت ثمانية أصناف منها أعلى نمو عند تركيز ٩ جزء في المليون من البوتاسيوم وتحقق أعلى محصول عند تركيز ٣,٧ جزء في المليون في الستة أصناف الباقية .

وتوضح هذه النتائج أن تركيزات النيتروجين والبوتاسيوم التي تعاني عندها النباتات النامية بنظام الغشاء المغذى النقص في هذين العنصرين شديدة الانخفاض حتى يمكن اعتبارها ذات أهمية أكاديمية فقط .

فعليا يعاني النبات في نظام الغشاء المغذى من نقص النيتروجين أو البوتاسيوم إذا لم يكونا موجودين أصلا في المحلول المغذى . وفي حدود التركيزات التي تستخدم عادة في نظام الزراعة بالغشاء المغذى فإن النيتروجين والبوتاسيوم يكونان متاحين بوفرة .

والمعلومات المتاحة عن التركيزات الزائدة السامة للعناصر الغذائية في الزراعة بنظام الغشاء المغذى قليلة أيضا . ولقد نشر في جيرسي بايسلندا أن تركيز الزنك في المحلول المغذى حتى ١٦ جزء في المليون لم يسبب أى مشكلة . وبسبب النقص في معلوماتنا عن التركيزات التي تسبب النقص أو التسمم لمعظم العناصر الغذائية تقريبا فإن الحاجة ماسة لإجراء البحوث لتحديد هذه الحدود في الزراعة بأسلوب الغشاء المغذى .

تحمل محاصيل تقنيات الغشاء المغذى لتركيزات العنصر في المحلول المغذى

أوضحت تجارب زراعة المحاصيل بتقنيات الغشاء المغذى أنه في غياب البيئة الصلبة نمو الجذور وفي وجود المحلول المغذى الدائر المستمر خلال حصرية الجذور أن مدى تحمل هذه المحاصيل لتركيزات العنصر كبير . فعلى سبيل المثال كان تأثير المدى الواسع لتركيز النيتروجين بين ١٠ ، ٣٢٠ جزء في المليون في المحلول الدائر قليل جدا على النمو والمحصول أو حتى الكمية المنتجة منه في نباتات الطماطم . وكان مدى التحمل لإمداد الفوسفور أكبر من ٥ إلى ٢٠٠ جزء في المليون في المحلول الدائر ، وللبوتاسيوم كان بين ٢٠ ، ٣٧٥ جزء في المليون . هذه الظاهرة لمدى التحمل الواسع لإمداد العنصر لمحاصيل الغشاء المغذى هي التي جعلت استخدام قياس سريع وبسيط للتوصيل الكهربائي للمحلول الدائر كوسيلة للتحكم في إمداد العنصر ممكنا ومع ذلك لا يوصى باستخدام تركيز منخفض جدا من النيتروجين في المحاليل المغذية في تقنيات

الغشاء المغذى . فالأفضل استخدام تركيز-أعلى ونقل مثلاً ٢٠٠٠ جزء-لـ
المليون حتى يتوفر احتياطي كبير من النيتروجين فلا يحدث نقص فيه نتيجة
امتصاصه بواسطة النبات .

وأوضحت التجارب أيضاً أن هناك مدى واسعاً لتحمل النبات لتركيزات
البوتاسيوم في المحلول المغذى . وكذا يبدو أنه من الضروري أن يوجد مدى
واسع من العناصر الأخرى . وانتشار طريقة قياس التوصيل الكهربائي للتحكم
في تركيز العنصر ونجاحها بدون أى تحليل كيميائي يشير أيضاً إلى مدى واسع
من التحمل . وهذا لا ينفي الحاجة إلى التحليل الكيميائي . فالتحليل الكيميائي
ذو أهمية لتأكيد التقديرات خاصة في السنة الأولى لممارسة الزراعة بتقنيات
الغشاء المغذى حيث تكون الخبرة غير كافية .

وللدلالة على المدى الواسع لتحمل النباتات لتركيزات العنصر ، يشير كوبر
Cooper إلى أن المحلول المغذى الموضح بمجدول رقم (٥) والذي استخدمه في
بداية ممارسته لطريقة الغشاء المغذى لا يزال يستخدم بنجاح لعدد كبير من
المحاصيل في بلدان متعددة . والدليل على ذلك هو أن كوبر Cooper قد
استخدم هذه التركيبة من المحلول المغذى لإثراء عدد كبير من أصناف النباتات
معاً في صوبة زجاجية واحدة بمحلول دائر واحد لمدة ثلاث سنوات . كما أن
قنوات الغشاء المغذى انثى تنمو فيها النباتات كانت تطرد محاليلها مباشرة في
خزان جامع يضخ منه المحلول إلى فتحات دخول القنوات . وكان قياس ال PH
والتوصيل الكهربائي CF للمحلول يتم مرة واحدة في اليوم ويضاف الحامض
والكيماويات يدوياً إلى الخزان كما سبق الإشارة في قياس ال PH والتوصيل
CF . وخلال هذه السنوات الثلاث لم يتم تحليل كيميائي . ويفرغ الخزان ويعاد
ملؤه بمحلول جديد على فترات غير منتظمة (عدة أشهر) وحسب الظروف
وكانت النباتات جميعها جيدة النمو ولم يظهر عليها أعراض نقص أو تسمم
غذائي . وأصناف النباتات النامية اختلفت من محاصيل ورقية سريعة النمو مثل
الأعشاب Grass والخس Lettuce إلى محاصيل بطيئة النمو مثل الشجيرات

الحشيشة Woody Shrubs والأشجار . وفي نهاية التجربة كان عمر بعض الأشجار ٣ سنوات وطولها ٢,٥ قدم .

ولم توضح التجارب بصفة قاطعة أى استثناء مؤكد لإمكان استخدام محلول غذائى واحد لمعظم المحاصيل فى معظم مراحل النمو ومعظم أوقات السنة ومعظم الأماكن وفى معظم البلدان . ولو أنه من المتوقع وجود بعض الاستثناءات لهذه الظاهرة العامة غير أن ذلك قد يعود لوجود شوائب فى الماء المستخدم ، كما يبدو أنه بالنسبة للنباتات التى لا تتحمل نقص الماء أو الظروف الحوية التى تؤدى إلى نقص الماء داخل النبات يكون خفض التوصيل الكهربائى للمحلول المغذى أهم من التغير فى تركيب المحلول . هذا ... وتوجد تحضيرات تجارية جاهزة من أملاح المحاليل المغذية خاصة بتقنية الغشاء المغذى تعطى نموا مرضيا لمعظم الأصناف ولمعظم مراحل النمو ولكثير من البلدان . وهذه التحضيرات التجارية الجاهزة تتميز بأنها توفر العمل وتسهله . كما يمكن التحكم فى نوعية الخليط وتجنب أخطاء الوزن . ولكن هذه التحضيرات الجاهزة غالية الثمن بالنسبة لشراء الكيماويات المختلفة وخلطها فى المزرعة .

الباب الثالث

نظام الغشاء المغذى

- الوصف العام
- مكونات نظام الغشاء المغذى
- مقارنة التدفق من خزان علوى بالضغط المباشر
- ترشيح الماء
- تفريغ نظام الغشاء المغذى
- دوران المحلول المغذى
- سميه المواد المسحولة
- قنوات الغشاء المغذى
- تهيت النباتات الصغيرة فى القنوات
- استعمال حصيرة شعرية فى القنوات
- استهلاك النباتات من الماء فى نظام الغشاء المغذى
- تقنية الغشاء المغذى كطريقة للرى
- نر الجملور وتييت النيتروجين

نظام الغشاء المغذى

الوصف العام

إنتاج المحاصيل بأسلوب الغشاء المغذى والمعروف باسم Nutrient Film Technique (اختصارا NFT) طريقة لتسمية النباتات بحيث يكون مجموعها الجذرى فى تيار ضحل من الماء أذيب فيه جميع العناصر الغذائية اللازمة ، فلا توجد بيئة صلبة ينمو فيها المجموع الجذرى . وفى هذا النظام ينمو المجموع الجذرى — الذى يكون ما يشبه الحصىرة — و ينتشر بحيث يكون جزء منه مغمورا فى تيار ضحل من المحلول المغذى الذى يعاد دورانه والجزء الآخر من المجموع الجذرى يعلو سطح المحلول حيث يكون تيار الماء ضحل جدا . ويكون الجزء العلوى من حصىرة الجذور الذى ينمو فوق الماء مبتلا غير أنه يكون فى نفس الوقت فى الهواء . ويلتصق بسطوح الجذور التى فى الهواء غشاء رقيق من المحلول المغذى ومن ثم كان اسم هذا النظام « تقنيات الغشاء المغذى » .

ومن الضرورى الاحتفاظ بهذا الغشاء فى نظام الغشاء المغذى حيث أنه يتضمن ميزة هامة جدا . فعلى نظام الزراعة المعتادة إذا زاد الماء (فى نظام الري أو بعد سقوط الأمطار) يصبح الهواء غير كاف عند سطوح الجذور وعندما تحجب التربة يتخللها الهواء فيكون الأوكسجين متوفرا وينقص الماء وعلى ذلك فعلى الزراعة المعتادة سواء باستخدام الري أو بالاعتدال على الأمطار يتغير الاتزان بين الماء والأوكسجين عند سطوح الجذور بصفة مستمرة ويكون أحدهما عادة عاملا محمدا . أما فى نظام الغشاء المغذى NFT فالهواء والماء متوفران بصفة دائمة عند سطوح الجذور . أما إذا غمر المجموع الجذرى كله فى الماء تصبح هذه الظروف مشابهة للظروف التى يتواجد فيها الجذر فى التربة الغدقة المشبعة

بالماء والمصدر الوحيد للأوكسجين في هذه الحالة هو ما يكون ذائبا في الماء الدوار^(١) .

والشروط الأساسية في نظام الغشاء المعدى هي :

١ — التأكد من أن الانحدار الذى يؤدى إلى تدفق الماء في قنوات النظام إلى أسفل متجانس ولا يتأثر بتعرجات موضعية حتى لو كانت بضعة ملليمترات .
٢ — يجب ألا يكون معدل التدفق عند فتحة دخول المحلول سريعا حتى لا يزداد عمق المحلول في نهاية القناة .

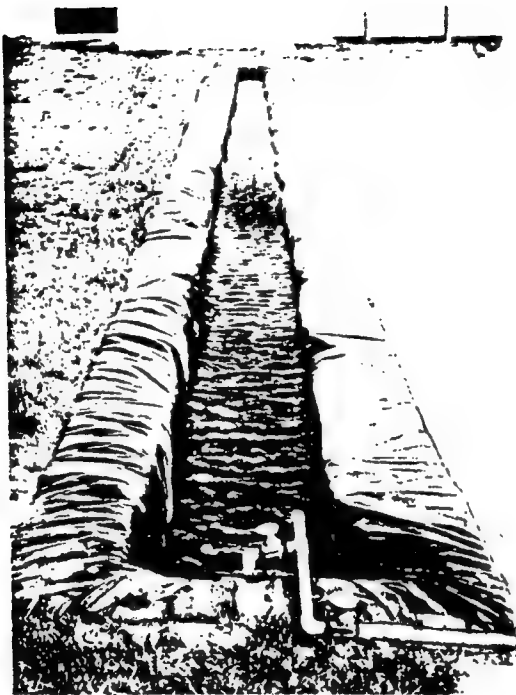
٣ — يجب أن يكون عرض القنوات التى ستنمو فيها الجذور مناسبة حتى تتجنب إعاقة الماء بحصيرة الجذور وقد لوحظ تناسب وزن النباتات مع عرض القناة .

٤ — يجب أن تكون قاعدة قنوات النظام مستوية وغير متعرجة ، حتى نضمن وجود عمق ثابت متجانس من المحلول على طول كل قناة . فالانحدار المتجانس ذو أهمية كبيرة ويجب ملاحظة عدم وضع القنوات على التربة الناعمة المضغوطة لأنها لا تهيء قاعدة ثابتة لقنوات النظام إذا كانت معرضة للأمطار أو تكثيف الرطوبة أو الندى إذ يسبب ذلك عدم استقرار الأرض . ولذا فالأرض المرصوفة بالخرسانة أو شرائح الصلب أو الألومنيوم تكون أكثر ملاءمة .

(١) يقصد بالماء الدوار أن الماء يدور في قنوات المو إلى حواف تجمع ثم إلى القنوات مرة أخرى كما سيأتى ذكر ذلك بالتفصيل .

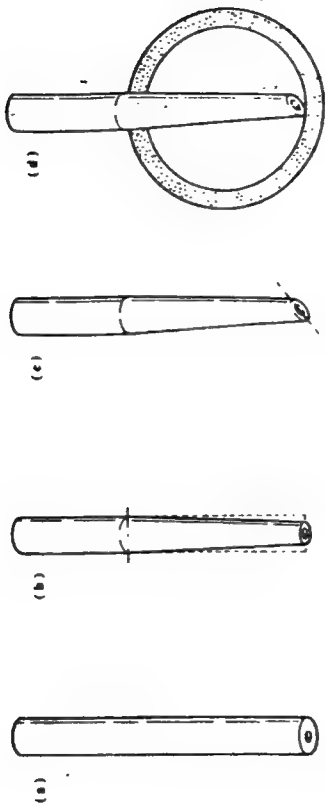
مكونات نظام الغشاء المغذى

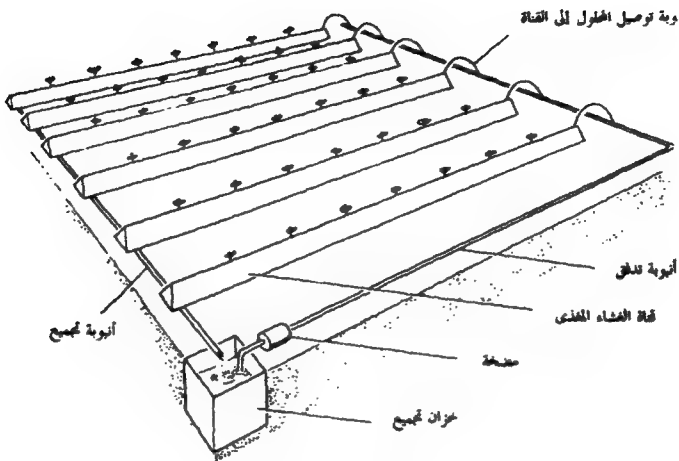
إذا فرضنا أن مساحة الأرض التي نود استزراعها ذات شكل مستطيل ذى انحدر فى الاتجاهين الطولى والعرضى . فهذا يعنى أن هذا المستطيل يكون له ركن أكثر انخفاضاً من أركانه الثلاثة الأخرى . وتوضع مضخة المحلول الدوار Circulating Pump فى هذا الركن المنخفض . ويخفر خندق جامع (شكل رقم ٤) على طول أكثر الجوانب انخفاضاً من المستطيل . وتنثر التربة الناتجة من الحفر على الجانب الأعلى (الجانب المقابل) من المستطيل ويجب أن يكون سطح الأرض أملساً ناعماً منبسطاً ويمكن استخدام تربة الحفر فى تحقيق ذلك . ويطن الخندق حتى يكون غير منفذ للماء باستخدام غشاء من البوليثن المعامل بالبولى استر إذا كان من المتوقع استخدام محلول ساخن . ويوصل الماء إلى الخندق مع التحكم فيه بواسطة عوامة وصمام ، ويغضى الخندق بغطاء يمنع الضوء ويقلل البخر . توضع قنوات نظام الغشاء المغذى من النوع الشائع الذى سوف نصفه فيما بعد مع ميل سطح الأرض بحيث تصب مباشرة فى الخندق . وتوصل المضخة بواسطة أنابيب مصنوعة من البوليثن لتدفع الماء من الخندق إلى الأطراف العليا من القنوات . ويصب الماء فى كل قناة بواسطة أنبوبة بلاستيكية ذات فتحة صغيرة تأخذ من الأنبوبة القادمة من المضخة . هذه الأنابيب البلاستيكية تكون عادة معدة كما يتضح من شكل رقم ٥ بحيث أن طرف الأنبوبة المسلوب هو الذى يثبت فى أنبوبة الإمداد ، (ويمكن استخدام « برايه أقلام » لاعداد هذا الطرف المسلوب) . ويتدفق الماء فى القنوات بالجاذبية كتيار ضعيف قليل العمق متجهاً إلى الجانب المنخفض حيث يصب مباشرة فى الخندق . وإذا كان من المرغوب فيه استخدام خزان صغير بدلاً من الخندق المجمع فيجب أن يوضع هذا الخزان عند الركن المنخفض من الأرض المستطيلة ، وفى هذه الحالة تصب قنوات الغشاء المغذى فى أنبوبة مجمعة وهذه تصب بالتالى فى الخزان الصغير (شكل رقم ٦) .



شكل رقم (٤) - خندق تجميع الماء المنصرف من قنوات
نظام المشاة المغطى

شكل رقم (٥) - كيفية أبعاد أنبوبة البوليين التي توصل الماء من أنبوبة الأمداد إلى داخل القبلا





شكل رقم (٦) - نظام غشاء مغذى يستخدم أنبوبة تجمع

ومن الضروري ادخال أنبوبة رجوع في أنبوبة الإمداد قرب مضخة الدوران حتى يمكن لجزء من الماء الذى ضخ بواسطة المضخة في أنبوبة الإمداد أن يرجع مباشرة إلى الخندق المجمع دون أن يفرق قنوات الغشاء المغذى ، ويجب تركيب صمام على أنبوبة الإرجاع هذه للتحكم في معدل ارجاع الماء ولهذا الأنبوبة عدة فوائد :

١ - لما كان من الضروري استخدام مضخة ذات قدرة تزيد عما هو مطلوب لامداد قنوات الغشاء المغذى فالتصرف الزائد يتجه إلى أنبوبة الإرجاع ومنها إلى الخندق .

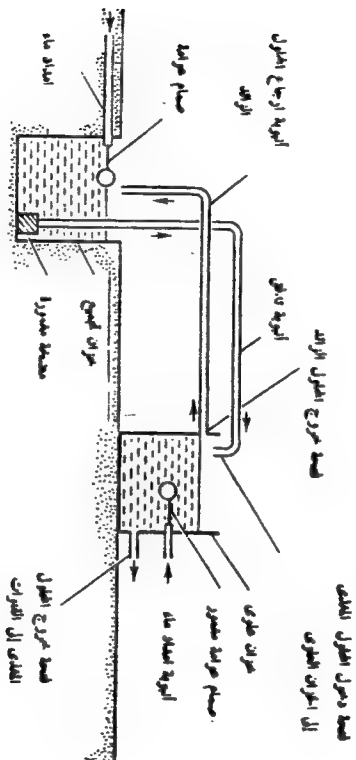
٢ — يمكن التحكم في الماء المتجه إلى القنوات بضبط صمام الإرجاع وكلما زاد التصرف في الرجوع كلما قل التصرف المتجه إلى قنوات الغشاء المغذى .

٣ — يوضع مخرج أنبوبة الإرجاع أعلى من مستوى الماء في الخندق حتى يختلط الماء في طريق سقوطه في الخندق بالهواء فيزداد محتواه من الأوكسجين .

٤ — يمكن إفراغ الخندق دون التدخل في دوران الماء مارا بمجنور النبات في قنوات الغشاء المغذى ، بتوصيل خرطوم بنهاية أنبوبة الرجوع وبذا يتجه الماء الراجع من الخرطوم إلى خارج النظام كله وفي هذه الحالة يكتفى بالماء الموجود في حفرة في الطرف المنخفض من المصرف لتدوير الماء رغم خلو الخندق نفسه من الماء .

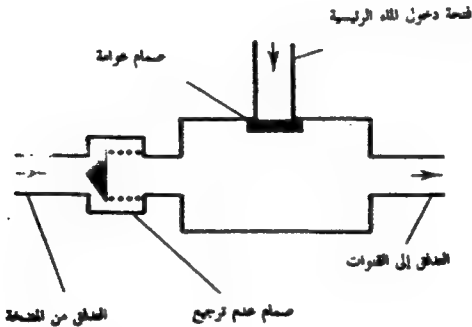
مقارنة التدفق من خزان علوى بالضغط المباشر

اما أن يضخ المحلول المغذى من الخزان المجمع مباشرة إلى فتحات دخول القنوات في نظام الغشاء المغذى عن طريق أنبوبة الإمداد ، أو أن يضخ المحلول المغذى من الخزان المجمع إلى خزان علوى في مستوى أعلى . ومن هذا الخزان العلوى يتدفق المحلول بالجاذبية الأرضية خلال أنبوبة إمداد إلى مداخل القنوات . ونظام الخزان العلوى كما هو موضح في الشكل رقم ٧ يوجد به أنبوبة رجوع من الخزان العلوى مباشرة إلى الخزان المجمع فقد يكون دفع المضخة أكبر مما يسحب من الخزان العلوى خلال أنبوبة الإمداد : واستخدام هذا النظام وسيلة أمان ضد الخلل الذى قد يحدث في دوران المحلول . فكما يتضح من الشكل يجب أن تكون هناك أنبوبة إمداد للماء تحت ضغط من خزان آخر تدخل الخزان العلوى تحت مستوى سطح المحلول المغذى به . وفتحة هذه الأنبوبة تقفل بصمام عوامة وهى دائما مغمورة في المحلول .



شكل رقم (٧) - نظام غشاء مائي : يستخدم جران حجري

وعندما يتوقف ضخ المحلول المغذى إلى الخزان العلوى مع انسياب المحلول خلال أنبوبة الإمداد ينخفض مستوى المحلول المغذى في الخزان وفي هذه الحالة يفتح صمام عروامة أنبوبة إمداد الماء المضغوط وتندفق الماء إلى الخزان العلوى . ويتدفق هذا الماء بالجاذبية الأرضية إلى قنوات الغشاء المغذى ثم إلى الخزان المجمع وفى حالة وجود أنبوبة تدفق علوية مثبتة بالخزان المجمع تأخذ الماء الزائد منه لترصه إلى خزان مجاور دائم فإن هذا الماء لا يفقد نتيجة زيادته وفيضانه . وتندفق الماء خلال أنبوبة الإمداد إلى قنوات نظام الغشاء المغذى يحافظ على استمرار نمو المحصول حتى يعود الضغط العادى للمحلول المغذى ويعاد تخزينه . ويجب أن يكون خزان الماء الذى يمد الخزان العلوى بالماء مرتفعا قليلا عن مستوى الخزان العلوى ومتصلا بأنبوبة مياه المدينة العادية . وهناك اعتراض على نظام الخزان العلوى وذلك بسبب زيادة تكاليفه والتعقيد فى الإنشاء .



شكل رقم (٨) — حجرة أمان فى نظام الضخ المباشر للمحلول المغذى .

ويمكن الحصول على الأمان السابق توضيحه في نظام الخزان العلوى بالسماح يتدفق ماء أنابيب المدينة في نظام الغشاء المغذى الذى يضع فيه المحلول مباشرة (بدون نظام الخزان العلوى) . ويمكن توضيح هذه الطريقة في شكل رقم ٨ . تثبت حجرة صغيرة في أنبوبة إمداد المحلول المغذى بين المضخة والقناة الأولى في نظام الغشاء المغذى والتي في قمتها فتحة لدخول الماء . وعندما يكون هناك دوران للمحلول المغذى فإن التدفق من المضخة يحفظ الحجرة مملوءة بالمحلول المغذى . ووجود المحلول المغذى في الحجرة يجعل الصمام في حالة تمنع دخول الماء من الفتحة العلوية . وعندما يتوقف دوران المحلول المغذى تفرغ الحجرة وينفتح الصمام ويتدفق الماء إلى الحجرة ثم إلى أنبوبة الإمداد في نظام الغشاء المغذى . ووجود صمام بين الحجرة وأنبوبة التدفق من المضخة يضمن أن الماء يتدفق فقط إلى قنوات الغشاء المغذى .

ترشيح الماء

إذا كان الماء في نظام الغشاء المغذى خاليا من حبيبات صلبة معلقة به وإذا كانت طريقة إمداد النباتات الصغيرة لا تؤدي إلى تكوين حبيبات صلبة معلقة في المحلول الدوار فليس من الضروري ترشيح هذا الماء . والاحتياط الوحيد الذى يجب أخذه في الاعتبار هو وضع فتحة الدخول لمضخة المحلول الدوار في المصرف المجمع بعيدا بقدر الامكان عن أى محلول راجع من قنوات نظام الغشاء المغذى إلى المصرف وأيضا يجب أن تكون هذه الفتحة قريبة من سطح المحلول في المصرف إذ يعمل المصرف في هذه الحالة كخزان ترسيب . وبذا يؤخذ المحلول الدوار بواسطة المضخة من المحلول الراكب القريب من سطح الخزان . وعلى العموم فإذا كان هناك مشكلة مع الحبيبات الصلبة المعلقة في المحلول فيجب تثبيت مرشح على نهاية فتحة الأنبوبة التي يطرد منها المحلول الراجع ويفرغ في المصرف المجمع من خلال المرشح . وإذا كان نظام انشاء قنوات الغشاء المغذى بحيث تفرغ ماءها في المصرف المجمع مباشرة ، فمن

الضرورى تثبيت مرشح فى نهاية فتحة الطرد أو التفريغ لكل قناة مثل غشاء مسامى من النايلون .

وإذا كان هناك حاجة إلى مزيد من الترشيح فيمكن أن يثبت مرشح فى أنبوبة الإمداد بين مضخة الدوران وفتحة الدخول فى القناة الأولى من الغشاء المغذى بطريقة يمكن إزالته بسهولة وتنظيفه . وفى كثير من نظم الغشاء المغذى لا نحتاج إلى أى ترشيح . فوجود مصرف مجمع يستخدم كخزان ترسيب مع وجود مرشح للمحلول الراجع ومرشح دقيق فى أنبوبة الامداد يصبح من المستحيل حدوث إنسداد فى أنبوبة الدخول لأى قناة تحت أى ظرف من الظروف .

وفى حالة وجود مواد صلبة معلقة فى تكوين المحلول فيمكن استخدام مناخل دقيقة أو الطرد المركزى مع ملاحظة ضرورة تنظيف المناخل بين وقت وآخر فالمواد الصلبة التى تحتجز على المنخل تعوق بعض الوقت تدفق المحلول خلال المنخل كما يلاحظ أيضا أن أجهزة الطرد المركزى قد تحتوى أجزاء متحركة تتلف بمداومة الاستخدام لذا يجب استبدالها ويوجد نوع من هذه الأجهزة لا يحتوى أجزاء متحركة . فى غرفة الفصل تتولد دوامة مائية وتزيد سرعة التدفق دخول الأجزاء المعلقة غرفة الفصل ويهتج عن ذلك قوة طرد مركزى عالية على هذه الجزئيات فتطرد نحو جدار غرفة الفصل الخارجية وتتجه فى شكل دوامة إلى حجرة التجميع بينما يتجه الماء بعد خلوه من المواد المعلقة نحو أنبوبة الإخراج . ومعاملة ماء الغشاء المغذى قبل استخدامه للتخلص من المواد الصلبة العالقة به يكون ضروريا فقط إذا كان هذا الماء شديد المكارة .

تفريغ نظام الغشاء المغذى

تفريغ نظام الغشاء المغذى عملية سهلة تم بتوصيل أنبوبة مطاطية بنهاية أنبوبة التجميع المباشرة ، ويوضع النهاية المفتوحة لهذه الأنبوبة المطاطية فى المصرف يتم تفريغ النظام تلقائيا بدون التأثير على الماء المرر ب مجذور النباتات فى

قنوات الغشاء المغذى . ولما كان جزء من الماء المتدفق من مضخة الدوران يعود عادة إلى الخزان الجامع أو المصرف المجمع عن طريق أنبوبة الترجيع ، فإن هذا الجزء يتخلص منه عن طريق الأنبوبة المطاطية التى وصلت بأنبوبة الترجيع مع ملاحظة قفل الصمام الذى يسمح بدخول الماء لتعويض النقص فى المحلول مؤقتا . وعندما يفرغ النظام تزال الأنبوبة المطاطية من أنبوبة الترجيع وفى نفس الوقت يفتح الصمام الذى يتحكم فى دخول الماء ليكمل الماء يتدفق إلى النظام حتى يملأ مرة أخرى . ولتقليل تأثير التغير فى درجة حرارة الماء المتدفق خلال المجموع الجذرى للنبات يحسن تفريغ النظام فى آخر النهار ثم يملأ مرة أخرى خلال الليل .

دوران المحلول المغذى

يؤدى توقف دوران المحلول فى نظام الغشاء المغذى بسبب ما إلى الإضرار بالنبات القائم . ولو أن بعض المحلول يكون محتجزا فى حصىرة الجذور . وعلى ذلك يمكن للنبات التحمل بعض الوقت حتى يتم إعادة النظام إلى حالته الطبيعية . والمدة التى يمكن للنبات أن يتحمل خلالها توقف دوران المحلول تتوقف على الوقت الذى يحدث هذا التوقف فيه خلال اليوم وفى أى فصل من فصول السنة ونوع المحصول ويتراوح هذا الوقت بين ساعة و ٤٨ ساعة .

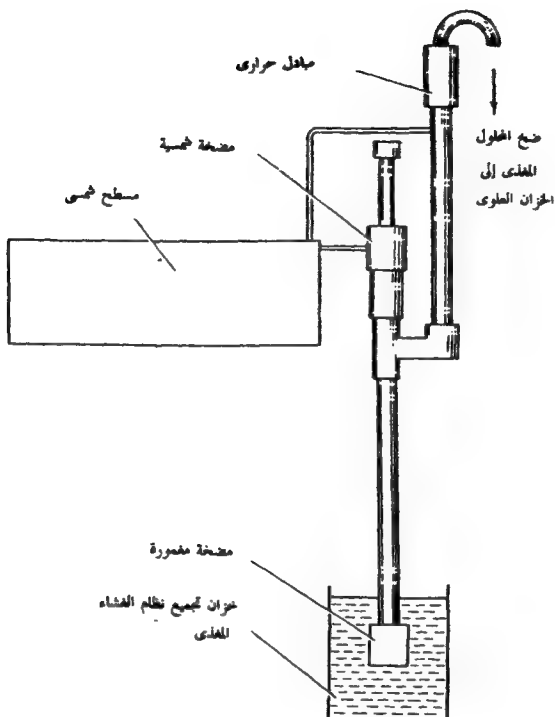
ويفضل وجود نظام يؤدى إلى حدوث إشارة صوتية وضوئية للتنبيه عند توقف دوران المحلول . وإذا لم يوجد هذا النظام فمن الضروري إجراء مراقبة منتظمة خلال النهار للتأكد من أن الضخ المستمر . وأفضل مكان لوضع الجهاز الحساس الذى سوف يقوم بتشغيل جهاز التنبيه إما أن يكون هو أنبوبة الترجيع المباشر أو أنبوبة التدفق لقنوات الغشاء المغذى . فتدفع المحلول فى هذه الأنابيب سوف يتوقف فى الحال عندما يتوقف الضخ . ويستمر تدفق المحلول فى أنبوبة الصرف أو فى قنوات الغشاء المغذى بعد توقف الضخ بعض الوقت نتيجة الجاذبية . ويتوقف الضخ لأحد سببين ، أولهما ميكانيكى يرجع لمضخة

الدوران والثاني تعطل في امداد الطاقة . ومن الضروري وجود مضختين في النظام واحدة في الخدمة وأخرى احتياطية . ويتم تبادل الخدمة بين المضخة العاملة والمضخة الأخرى الاحتياطية على فترات يومية أو أسبوعية . ويضمن النظام تشغيل كلا المضختين فضلا عن أنه اختبار لكل منهما . فإذا حدث عطل في المضخة التي تعمل يمكن إحلالها بالمضخة الاحتياطية . كما يجب أن توجد هناك أيضا مضخة ثالثة يمكن إدخالها في النظام مكان المضخة التي يحدث لها تعطل حتى يتم إصلاح المضخة المعطلة . وفي حالة توقف عملية الدوران بسبب نقص في إمداد الطاقة الكهربائية فمن الضروري وجود مولد للكهرباء (دينامو) يعمل بالترول أو الديزل صالح للعمل الفوري بمجرد انقطاع التيار الكهربائي . بهذه الاحتياطات فإن عملية الدوران لا يمكن أبدا أن تتوقف .

وإذا حدثت مشكلة أدت إلى توقف دوران المحلول فيمكن انقاذ الموقف بغلق نهايات قنوات الغشاء المغذى فلا يتدفق الماء من فتحاتها النهائية وتغلق القنوات في هذه الحالة بالماء بواسطة خرطوم حتى العمق الذى تسمح به نهايات القنوات المغلقة . وإذا كان انحدار القنوات شديدا فيجب أن يضاف قليل من الماء في كل قناة — بالدور — لنحتفظ بالنباتات حية حتى يتم إرجاع دوران المحلول .

وإذا كانت العمالة رخيصة ومتوفرة يمكن إدارة نظام الغشاء المغذى بدون مضخات دوران أو طاقة كهربائية . فالمحلول المغذى يمكن دفعه بالطرق التقليدية من الخزان المجمع إلى الخزان العلوى Header tank ثم يتدفق المحلول من الخزان العلوى بتأثير الجاذبية إلى فتحات الدخول في قنوات الغشاء المغذى .

وفي المناطق الغنية بالإشعاع الشمسى قد يمكن استخدام مضخات تعمل بالطاقة الشمسية وتتكون من مضخة طرد مركزى متصلة بمحرك كهربائي يغذيه مسطح من السليكون يحول الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية . ولما كان تدفق المحلول من مضخات الطاقة الشمسية منخفضا — ١٥٠ لتر/ساعة مع رفع ٧٥ سم . فيمكن استخدام هذه المضخات فقط في حالة الطوارئ لحفظ



شكل رقم (٩) - رسم تخطيطي لمضخة تعمل بالطاقة الشمسية

المحصول لمدة قصيرة أو في حالة استخدام وحدات الغشاء المغذي في المنازل .
والشكل رقم ٩ يوضح رسم تخطيطي لمضخة تعمل بالطاقة الشمسية .
وبلاحظ في الشكل وجود :

- ١ — المسطح Solar Panel .
- ٢ — مضخة شمسية Solar Pump .
- ٣ — مبادل حرارى Heat Exchanger .
- ٤ — مضخة مغمورة فى الخزان المجمع Submerged Pump .

وقامت شركة Mabosum بإنتاج مضخة شمسية ذات قدرة عالية إذ تستطيع ضخ ٤٠ ألف لتر/ ساعة بإرتفاع ١٠ م أو ١٠ آلاف لتر/ ساعة بإرتفاع ٤٠ م عندما تكون مساحة المسطح الشمسى ١٠٠ م^٢ ومكونات هذه المضخة هى كما هو موضح بالشكل رقم ٩ .

ويحتوى المسطح الشمسى Solar Panel على سائل يتحول إلى غاز يتعرض إلى الشمس فيزداد حجمه وضغطه ويدخل الغاز إلى المضخة الشمسية ويرفع مكبسها الذى يدفع المحلول المغذى من الخزان خلال المبادل الحرارى حيث يبرد المحلول المغذى الغاز المستعمل فى رفع المكبس ويتحول الغاز إلى سائل مرة أخرى فيعود إلى المسطح الشمسى ويعود المكبس إلى وضعه الأسمى فى البداية مرة أخرى لتبدأ دورة جديدة وهكذا . وتبدأ المضخة عملها حالما يصل الغاز إلى ضغط حوالى ١٠ كيلو جرام على المتر المربع وتتوقف أتوماتيكيا إذا انخفض الضغط عن ذلك .

سمية المواد المستعملة

من الضرورى أن تكون المواد المستعملة فى إنشاء نظام الغشاء المغذى غير سامة للنباتات . أو بمعنى آخر يجب ألا تكون ذات تأثير ضار للنباتات . وتتراوح درجة السمية للنباتات بين السمية الشديدة فتسبب موت النباتات بسرعة ، ومتوسطة تؤدي إلى انخفاض فى معدل النمو مع مظهر غير عادى . وبين هذين الحدين هناك درجات متفاوتة من الشدة مع ظهور أعراض مختلفة تشمل اصفرار الأوراق جميعها أو أجزاء منها أو موت الأوراق دون أن يموت النبات أو موت أجزاء من الأوراق أو تشوه شكل الأوراق أو سطحها أو لونها

وتكوين ثمار غير عادية . ولا ضرر للنباتات في حالة استعمال البوليثلين
Polythene فقط في مجموعات الغشاء المغذى . كما أنه لم يظهر أى تسمم عند
استعمال البولي برويلين Polypropylene أو أغشية الـ ABS (الأكريلونيتريل
يوتادين ستايرين Acrylonitrile butadiene styrene) كما أنه استخدام أغشية
الـ PVC الصلبة (البولي فينيل كلوريد Polyvinyl chloride) لم ينتج عنها أى
تسمم ولو أنه قد حدث التسمم في عدد من الحالات التى استخدم فيها غشاء
PVC المرن Flexible ولذا ينصح بعدم استخدامه بسبب عدم معرفة مكوناته
الأساسية . كما أنه لا يوجد اختبار لسمية مطاط البيوتاييل Butyle rubber .
وينصح بعدم استخدام المعادن التى تعتبر مصدرا للعناصر النادرة حتى لا
يتجمع فيها تركيزات تسبب تسمما للنباتات مثل النحاس . كما يجب ألا
تستخدم الأنابيب المملقة لأن الزنك يمكن أن يذوب ويسبب تسمما
للنباتات . فمجموعة الغشاء المغذى تعتبر نظاما مغلقا ومع استمرار دوران الماء
يتزايد تركيز المواد التى تستخلص وتدخل المحلول ويرتفع تركيزها فيه
تدريجيا .

ويجب اختبار أى مادة تدخل في مجموعة الغشاء المغذى مهما كانت صغيرة
مادام لا يعرف عنها أنها مأمونة قبل استخدامها . ويتم ذلك بملء عشرة أوعية
من البوليثلين بالمحلول المغذى (١ لتر لكل وعاء) . ويوضع مسطح من الورق
المقوى أو الكرتون على كل وعاء . وفى مركز كل مسطح تعمل فتحة وعلى
بعد ٥ سم منها تعمل فتحة أخرى . ثم توضع جذور نبات طماطم صغير في
الفتحة المركزية بحيث يكون الجذر مغمور في المحلول المغذى . ثم يوضع
خرطوم مطاط في نهايته أنبوبة زجاجية شعرية طولها ٥ سم في الفتحة الثانية
تغمر في المحلول الغذائى . ثم يوصل أطراف الأنابيب المطاطية بمضخة هوائية .
ويمرر الهواء خلال المحلول في كل وعاء . توضع أجزاء من المواد المراد اختبار
سميتها في خمسة أوعية فقط وتترك الأوعية الباقية بدون هذه المواد .

فإذا كان لا يوجد فرق ظاهر في نمو البادرات في الأوعية التى بها المواد المراد
اختبارها والتى في الأوعية بدون هذه المواد فيمكن الاستنتاج أنه لا يوجد تأثير
ضار لهذه المواد خلال مدة الاختبار .

قنوات الغشاء المغذى

القنوات العادية (القياسية)

النقطة الأساسية في إنشاء مجموعة الغشاء المغذى هي توفير سطح منحدر متجانس ناعم بدون تعرجات . ومن ضمن الوسائل التي تحقق هذا السطح هو تغطية مساحة ذات ميل بواسطة خرسانة (خليط من الرمل والجير والحصى والأسمنت) أو وضع شرائح من الخرسانة على طول صفوف النباتات . وعلى هذا السطح المستوى ، منتظم الانحدار يمكن وضع أى شكل من القنوات المسطحة مثل أى قناة رفيعة من مادة رخيصة مع تيار ضحل من الماء البوار . كما يمكن استعمال قناة ذات قاعدة متماسكة توضع على أى مكان مائل تمت تسويته لأن قاعدة القناة الصلبة سوف تلغى أثر التعرجات التي قد توجد على المكان المختار .

وأول الشروط الواجب توفرها عند تصميم قناة الغشاء المغذى بصفة عامة هو أن يكون لها قاعدة ذات صلابة كافية حتى لا تتأثر بتعرجات سطح الأرض . كما يجب أن تظل هذه القاعدة صلبة فلا يحدث لها انحناء تدريجياً أو تتشكل حسب التعرجات الموجودة بالأرض . وهذا يعنى أن العديد من مواد البلاستيك لا تصلح لصنع القاعدة . ذلك لأن تدفق الماء البارد سوف يؤدي حتماً إلى أن القاعدة تأخذ شكل تعرجات الأرض . وعلى ذلك يجب استعمال المعادن مثل الصلب أو الألومنيوم . كما يجب أن تكون القاعدة مسطحة أو شبه مسطحة فأى انحناء في مقطع القاعدة العرضي يؤدي إلى زيادة عمق الماء على طول مركز قاعدة القناة . ووجود انحناء خفيف جداً في مقطع القاعدة العرضي قد يكون له فائدة فالسائل سوف يتدفق إلى أسفل بدون زيادة في عمقه وبالتالي يستبعد الحاجة لاستعمال مادة مسامية توضع على طول قاعدة القناة .

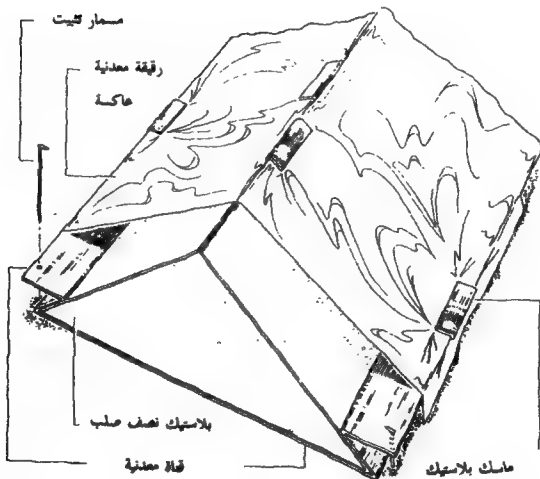
ويجب أن يكون عرض القاعدة كافيا حتى يلامس أغلب المحاصيل التي تنمو في خطوط بصرف النظر عن غزارة نمو الجنور حتى لا يعوق تدفق تيار الماء الدوار الضحل فيزداد عمق الماء في القناة .

وعند التعرض لأشعة الشمس الشديدة يجب أن لا تتلف للمواد المعرضة لها وتحلل سريعا وعلى سبيل المثال يتلف الكثير من المواد البلاستيكية عند تعرضها لأشعة الشمس نتيجة للأشعة فوق البنفسجية الموجودة في أشعة الشمس . كما يجب أن نتجنب ارتفاع درجة حرارة القنوات نتيجة لتعرضها لأشعة الشمس وألا يحدث أى بحر للماء . وتحت الظروف الباردة يجب أن يكون معدل فقد الحرارة من الماء الدوار في القناة منخفضا . وألا تتعرض القنوات للرياح الشديدة حتى لا تتحرك القنوات من أماكنها . وفي النهاية يجب ألا تكون التكلفة الاقتصادية للقناة عالية بحيث يمكن استعمالها في الزراعة غير الكثيفة .

وشروط التصميم السابقة لإنشاء قناة الغشاء المغذى موضحة في شكل رقم ١٠ . قاعدة القناة يمكن أن تصنع من شريحة رقيقة من الصلب على هيئة لفافة من شريحة مسطحة تبسط على الموقع باستخدام آلة بسيطة بعرض القناة (٢٣ سم) وتقطع حسب طول الخط المطلوب .

وللتأمين ضد الرياح فثبت القاعدة المعدنية في الأرض بمسامير معدنية ثم تفرد لفافة من البولي برويلين الأسود على طول القاعدة المعدنية . وتقطع حسب الطول المطلوب وتدفع داخل القاعدة المعدنية وشكل القاعدة المعدنية سوف يشكل البرويلين ليأخذ الشكل الموضح في شكل رقم ١٠ . وعرض شريحة البرويلين يجب أن تكون بحيث تتلامس حوافه عند وضعها في القاعدة المعدنية حتى تؤدي إلى تقليل فقد الماء بالبحر من القناة . والزاوية التي تعملها حافة المعدن مع القاعدة سوف تكون حوالى ٣٠° بحيث لا يزيد الارتفاع العمودى من قاع القناة إلى القمة عند نقطة تلامس حواف شريحة البرويلين عن ٧ سم . وزيادة الارتفاع العمودى لا يلامس النباتات القصيرة فارتفاع هذه النباتات بالنسبة للارتفاع العمودى في القناة لا يسمح بوصول أوراقها إلى

ضوء الشمس فوق قمة القناة عندما تكون جنورها في المهلول الدوار . لم تفرد شريحة معدنية رفيعة على طول جانب واحد من القناة . ويجب أن تزيد هذه الشريحة حوالي ٢ سم عن الحافة العليا للبرويلين وتثبت فيها . كما تثبت الشريحة المعدنية أيضا في الحافة المعدنية للقاعدة مع شدّها جيدا ليتيسر مرور الهواء في الفراغ بينها وبين البرويلين كما هو موضح بالشكل رقم ١٠ . وتحمى الشريحة المعدنية البرويلين ضد الأشعة فوق البنفسجية كما أنها ستعكس أشعة الشمس بينما يعمل الفراغ الهوائي كعازل ضد التوصيل .



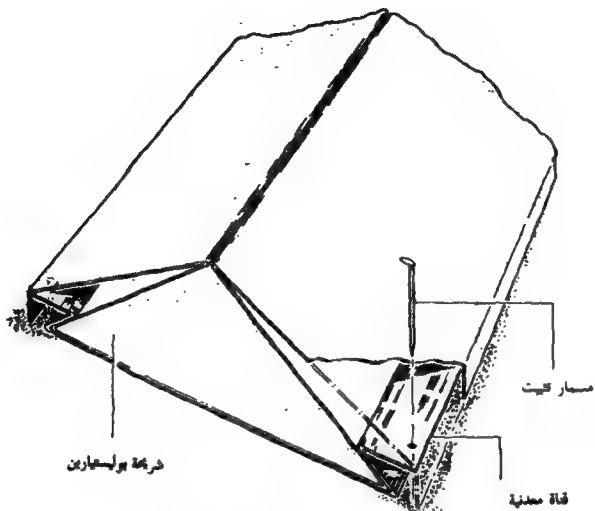
شكل رقم (١٠) - قناة نظام حشاء مغذى عادية

وعندما نستعمل القناة في جو ذي درجة حرارة منخفضة ويصبح من الضروري تقليل الفقد الحرارى من القناة ، يمكن وضع شريحة من البوليئين ذات سمك ٢,٥ سم تحت القاعدة المعدنية . على أن ذلك غير مرغوب فيه في حالة المناطق ذات الاشعاع المرتفع حيث يجب تقليل ارتفاع الحرارة داخل القناة إذ يكون من المرغوب فيه تحت بعض الظروف أن تفقد الحرارة بالتوصيل إلى الأرض خلال القاعدة المعدنية .

وقناة الغشاء المغذى التى سبق وصفها يمكن أن تعتبر النوع العادى (القياسى) إذ عند استخدامها على أى سطح متجانس ناعم ذو ميل ، وتحت ظروف الاشعاع الشمسى المرتفع فإنها تقلل ارتفاع الحرارة ، وفى حالة الهواء ذو الحرارة المنخفضة فإنها تقلل الفقد فى الحرارة . كما أنها تمنع أو تقلل فقد الماء بالبخار والصرف ولذلك فهى ملائمة للزراعة فى المناطق الجافة .

أما فى حالة المساحات ذات الاشعاع الزائد حيث يجب الحفاظ على المحلول باردا (أى حيث لا توجد حاجة للتدفئة) فيمكن استخدام تصميم مبسط موضح فى شكل رقم ١١ . فإذا حلت صحائف رقيقة من البوليستيارين المعدن (بلمتى رقائق معدنية على السطح الخارجى للبوليستيارين خلال صناعته) محل صحائف البوليبروبيلين فإن ذلك قد يغنى عن استخدام صحائف البوليستر المعدن فى الحماية من الحرارة . ويوفر هذا التبسيط قناة ذات مكونين هما الشريط المعدنى وشريط البوليستيارين ويستغنى عن التعقيدات والعمالة اللازمين لتقطيع صحائف البوليستر المعدنى اللازمة لعكس الحرارة .

أما إذا كانت شدة الاشعاع زائدة فمن الممكن صناعة قناة ذات مكونين فقط هما الشريط المعدنى وشريط رقيق من البوليستيارين المتمدد إذا كان التصميم المستخدم كما هو موضح بشكل رقم ١١ . ويشكل الشريط المعدنى فى موقع القنوات بألة لى كما سبق الوصف . وتنفرد لفافة البوليستيارين سابق الاعداد على طول القاعدة المعدنية وتوضع على القاعدة بحيث تأخذ الشكل

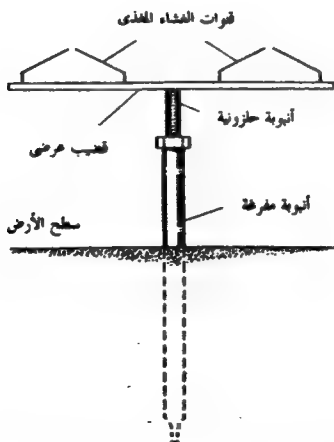


شكل رقم (١١) — قناة غشاء مغلف عادية بها حماية ضد الحرارة

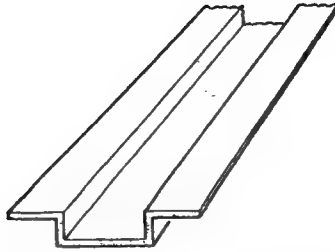
الموضح . ولو أن الجدار الخارجى للبولستيارين ذا لون أبيض إلا أنه لا يكون عاكسا جيدا كما هى الحال فى السطح المعدن ، ولكنه لا يتعب عيون العاملين . ومع ذلك فإن فراغ الهواء الذى يوجد بين الجدارين الداخلى والخارجى من البولستيارين للقناة يقلل من توصيل الحرارة .

ويمكن وضع القاعدة المعدنية لقنوات الغشاء المغلف مباشرة على الأرض بعد أن تسوى لتغطى الانحدار المطلوب . غير أن بعض الظروف قد تجعل من المرغوب فيه أن يوجد فراغ هوائى بين القاعدة المعدنية والأرض . فمثلا فى المساحات ذات الإشعاع العالى حيث يمكن أن ترتفع درجة حرارة سطح الأرض إلى ٥٦٠°م ، فإن الفراغ الهوائى بين القاعدة المعدنية والأرض يقلل

انتقال الحرارة بالتوصيل . فإذا كان المرغوب فيه رفع قنوات الغشاء المغذى فيمكن وضع القاعدة المعدنية على قضبان عرضية . وتعتمد القضبان العرضية نفسها على أنبوبة رأسية مثبتة في الأرض . والمسافة بين هذه القضبان العرضية تعتمد على قدرة القاعدة المعدنية على مقاومة التثني . وتصميم تركيب الدعامات يمكن توضيحه في شكل رقم ١٢ ولتوازن النظام يجب أن يوجد قناتان على الأقل مرتكزتان على كل قضيب ، قناة على كل جانب من العمود الرأسى ومن الممكن بالطبع وضع أكثر من قناتين ولكن للثبات يجب أن يكون هناك عدد متساوٍ من القنوات على الجانبين في الوضع العمودى . ويجب أن يكون القضيب العرضى مقاوماً للانحناء ولذا فمقه يجب أن يكون أكبر من عرضه (شكل رقم ١٣) .



شكل رقم (١٢) - نظام تثبيت قنوات نظام الغشاء المغذى



شكل رقم (١٣) - قضيب عرضي لحمل القنوات

وعند إقامة الدعامات أو مساند القنوات تدفع أنبوبة (ماسورة) معدنية في الأرض . ويجب أن يكون طرف الأنبوبة مديبا ليسهل نفاذها في الأرض . ويثبت في منتصف القضيب العرضي أنبوبة لها تلاووظ خارجي وصامولة ملحقة على القلاووظ . فالجزء المقلوظ من الأنبوبة المثبتة في القضيب والنافذ من الصامولة يدخل في داخل الأنبوبة المدفونة في الأرض . ويمكن إدارة الصامولة إلى أسفل أو أعلى حتى يصبح القضيب على الارتفاع المطلوب عن الأرض . وإذا استخدم قضيب عرضي عريض يمكن أن يثبت عليه عدد أكبر من قنوات الغشاء المغذى وفي هذه الحالة يجب إضافة دعامات أخرى بغرس أنبوبة معدنية في الأرض عند طرف كل قضيب ويثبت فيها طرف القضيب بواسطة مشبك .

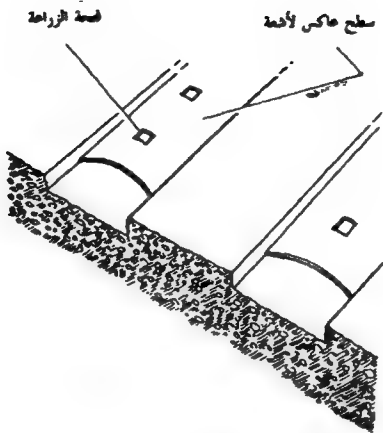
وفي حالة الحاصيل قصيرة الطول يمكن تصميم دعامات عرضية بحيث يمكن استخدام قنوات الغشاء المغذى فوق بعضها . وقد يكون هذا التعدد اقتصاديا عندما تكون الأرض غالية جدا ومغطاة بصوبة وكذا عندما تكون شدة الضوء كافية لتوفير إضاءة مناسبة للأدوار السفلى من المحصول . وقد استخدم هذا النظام في كاليفورنيا لإنتاج الشليك في البيوت الزراعية باستخدام القنوات المغذية .

قنوات السطح المجهز

في تصميم القناة العادية أضيفت قاعدة صلبة كجزء من التصميم . فإذا لم يمكن استعمال هذا النوع من القنوات فمن الضروري أن يجهز سطح الأرض بحيث يكون ناعما متجانسا ذا سطح منحدر بجبل ثابت ولا ينصح باستخدام التربة المضغوطة لأنها سوف تتعرج عندما تبتل ويجب تغطية هذا السطح بطبقة من الرمل والحرسانة أو بالواح من الحرسانة تستقر القناة عليها . غير أن التكلفة العالية تضطرنا للبحث عن طريقة أرخص لمعالجة سطح الأرض بحيث يكون ناعما مائلا خال من التعرجات . ولذا قام Power (أحد رواد استخدام الغشاء المغذى في بربادوس) بتغطية المكان المعد للقنوات بالرمل لمعق كاف لإعطاء إنحدار ثابت ثم نشر فوقه طبقة بسبك ١ سم من الرمل الخشن والأسمت بنسبة ٥ : ١ ثم ترطيب السطح وضغطه بمبطلة (زحافة) وتركه ليثبت ، فحصل على انحدار ناعم ثابت ومن الضروري أيضا سد الشقوق التي قد تنشأ باليد دون تأخير .

وبفرض أن السطح المناسب قد تم تجهيزه لوضع قنوات الغشاء المغذى فوقه فإن تكاليف تجهيز سطح الأرض تكون عالية ولكن تكلفة قنوات الغشاء المغذى تكون منخفضة . أما في حالة استخدام القنوات العادية فإن تكاليف تجهيز الأراضي أرخص بينما تكاليف القنوات فعالية نسبيا .

وقد قام Ringmans (وهو رائد في زراعة الخس بالإنجلترا) بعمل قنوات الغشاء المغذى في طبقة الحرسانة التي استخدمها في تغطية الموقع ، ففى كل ٢٣ سم توجد قناة ذات قاع مسطح في الحرسانة ذات عرض قدره ١٠ سم وعمق ٢,٥ سم . وتوضع في هذه القنوات مكعبات صغيرة من التربة المضغوطة لشتيت نباتات الخس الصغيرة . وبعد فترة تنمو الجذور وتخرج من هذه المكعبات إلى داخل القناة التي يدور المحلول فيها وتعتمد النباتات على نفسها .

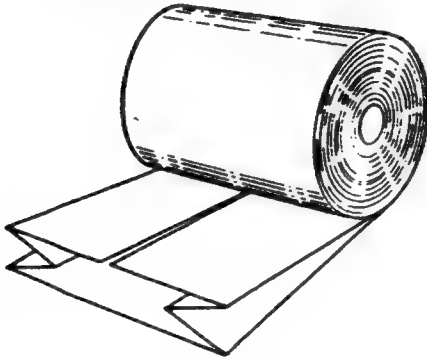


شكل رقم (١٤) - قناة في طبقة خرسانة مغطاة بسطح معدني عاكس

وبعضى الوقت تنتشر الأوراق على السطح وتكون غطاء على القناة ضمنع أى، فقد من الماء بالبحر كما تقلل الإضاءة فتقتل الطحالب التى تكون قد نمت فى المحلول المغذى الدوار عند تعرضه للضوء . وهذا النظام يناسب الحاصلات التى تغطى أوراقها القناة وكذا فى المواقع التى يكون فيها فقد الماء بالبحر مقبولا ، وحيث يكون تسخين المحلول الذى يتعرض لأشعة الشمس غير شديد . ومن الممكن استعمال مادة معدنية نصف صلبة تتحنى انحناء خفيفاً على السطح العلوى وتكون ذات عرض أكثر قليلا عن القنوات ومدها على طول القناة مع دفع حوافها إلى أسفل فى القناة وتكون مقوسة الشكل قليلا إلى أعلى لأن عرضها أكبر من عرض القناة (شكل رقم ١٤) . ويعكس السطح المعدنى فى المساحات ذات الاشعاع العالى أشعة الشمس كما أن فراغ الهواء سوف يعمل كعازل فى الأماكن الباردة التى يدفأ فيها المحلول كما يتوقف التبخير أيضا . وتثبت النباتات من خلال فتحات فى المادة التى سبق تجهيزها خلال التصنيع .

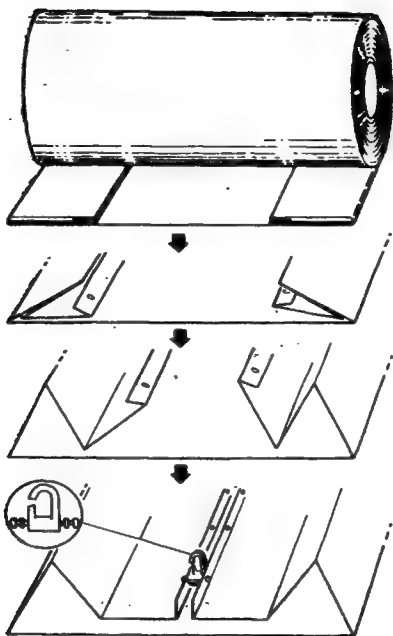
وفى أغلب المواقع ولأغلب المحاصيل يمكن وضع قنوات الغشاء المغذى على سطح الأرض المجهزة ويمكن أن تكون هذه القنوات بسيطة ذات طول قصير نسبيا من البوليئين الأسود بسمك ١٣، ملليمتر الذى يفرد على طول الانحدار . ثم تثبت حواف البوليئين معا بين النباتات عند وضعها فى القناة . ومثل هذه القنوات البسيطة غير عملية فى المناطق ذات الطاقة الشمسية العالية حيث أن المحلول الدوار سوف يصبح ساخنا جدا . وكذا المحلول الذى فى داخل القناة أيضا حتى لو كان لون القناة من الخارج أبيض ومن الداخل أسود . واستخدام هذه القنوات البسيطة لا يصلح فى حالة المحاصيل التى تزرع فى الحقول المفتوحة فى المناطق الباردة إذ يجب تسخين المحلول بسبب المعدل العالى لفقد الحرارة . وفى كلا الحالتين فمن الضرورى تقليل توصيل الحرارة عبر جدران القنوات ويمكن مد شرائح البوليستيارين فى داخل قناة البوليئين وقلعها بنفس الكليسات التى تمسك القناة .

وتحت ظروف الاشعاع الشمسي العالي فإن البوليثين الخارجي الأسود يمكن إحلاله بالوليستر المعدني . فالسطح المعدني سوف يعطي انعكاسا عاليا لأشعة الشمس ومن ثم تقليل الارتفاع في الحرارة داخل القناة . كما أن البوليثين لا يتحلل أو يتلف في الضوء الساطع بينما البوليثين يتأثر ويتلف سرهما جدا بعد مدة من استعماله مما يجعله غير عمل في المناطق ذات الاشعاع العالي .



شكل رقم (١٥) — قناة غشاء مفلى من البوليثين المعدني مطوية

والقناة البسيطة التي سبق وصفها يمكن تحسينها خلال الصناعة . واستخدام أنواع مختلفة ذات طويات تتم خلال صنعها مثلما هو موضح في شكل رقم ١٥ . وعندما تفرد تعلى قناة كالموضح في شكل رقم ١٦ . هذا التصميم سوف يضبط الارتفاع عند وضع مكعب البادرة أو الاصبص في مكانه داخل القناة . والنقطة الهامة التي يجب أن تؤخذ في الاعتبار هي أن تجهيز السطوح للاستخدام في الحقول يجب أن يسمح بحماية القنوات التي توضع على السطح من الرياح . فاستخدام الخرسانة مثلا يجعل توفير حماية القنوات صعبا ما لم يكن هذا الموضوع قد أخذ في الاعتبار مسبقا .



شكل رقم (١٦) - قناة ذات طويات بارطفاعات رأسية مخططة عند فردها

وثمة عيب آخر عند تغطية سطح التربة بمساحة كبيرة من الخرسانة في المناطق شديدة الاشعاع إذ يمكن أن تصبح حارة جدا وتعمل كمخزن للحرارة التي ترفع درجة حرارة المحلول في قنوات الغشاء المغذى المقامة على الخرسانة . وفي أماكن أخرى من العالم حيث تكون الشمس أقل قوة وتسقطها متقطعا قد

يكون تخزين الطاقة الشمسية ميزة . وبالتوفيق بين استعمال قنوات الغشاء المغذى العادية بقاعدتها المعدنية واستعمال قنوات لينة Flimsy على سطح الأرض المجهز يمكن استعمال قناة لينة Flimsy على قاعدة بوليستيارين ممتدة . فسطح الأرض يمهّد بحيث يكون لها انحدار متدرج ناعم ويوضع غشاء بوليستيارين طوله ٢ متر وعرضه ٢٥ سم فوق مكان صفوف النباتات . ولنهايات هذه الشرائح « عاشق وممشوق » بحيث يتداخل الطرفان عند نهاياتهما . ولكل شريحة أيضا إنحناء بسيط على المقطع العرضي ويضمن ذلك أنه عند وضع أو مد القنوات اللينة Flimsy فإن السائل الدوار سوف يتدفق في مركز القناة بدون زيادة عمق السائل وبالتالي يستبعد الحاجة لاستعمال حصى شعرية Capillary matting . وتثبت القنوات اللينة Flimsy وقاعدة البوليستيارين الممدد بالأرض بواسطة وضع قوس ماسك معدني فوق كل منهما على مسافات .

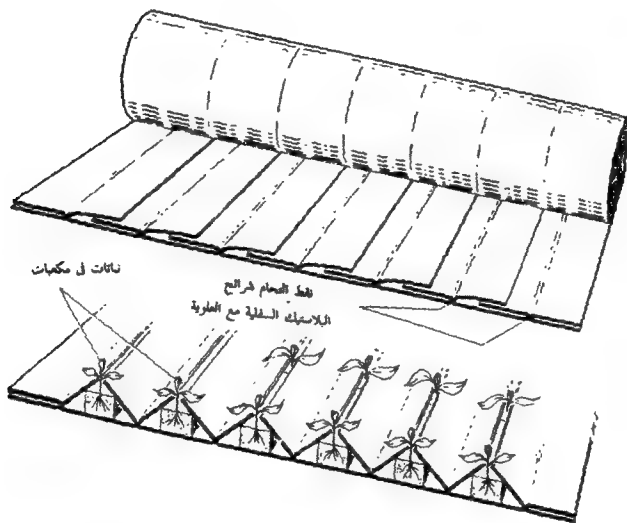
القنوات المتعددة

قناة الغشاء المغذى العادية التي سبق وصفها عبارة عن خط قناة مفرد . وتستخدم هذه القناة في حالة المحاصيل التي تزرع على مسافات متقاربة . وفي حالة الضرورة يمكن أن تلامس القنوات بعضها . والبديل بالنسبة للحاصلات متقاربة المسافة هو نظام القنوات المتعددة الذي يخفف التكلفة كما في شكل رقم ١٧ . يتكون هذا النظام من شريحة (قاعدة) بلاستيكية مسطحة عليها شرائح من البلاستيك مثبتة (ملحومة) على طول خطوط مركزها . وعرض شرائح البلاستيك أكبر من المسافة بين الخطوط المركزية ولكنها أقل من ضعف المسافة بين هذه الخطوط وهذا سوف يؤدي إلى ثلاث نتائج :

١ — أن القنوات المتعددة المصنعة ستكون مسطحة ويمكن لفها بسهولة ونقلها من المصنع إلى المزرعة .

٢ — عندما توضع النباتات ترفع جوانب القنوات نتيجة لوجود النباتات وتحتضن سيقان النباتات .

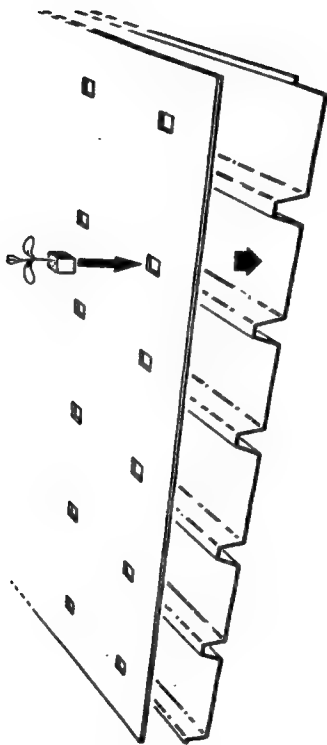
٢ - لا يوجد روابط عرضية في القنوات تعطّل ميكنة عمليات الحصول



شكل رقم (١٧) - قنوات متعددة مرنة يمكن طيها

ويجعل هذا النظام كمسطح لاستقبال الطاقة الشمسية وهو ما يعطيه مميزات في بعض الأجزاء من العالم مثل إنجلترا ولكنه لا يصلح في المناطق ذات اشعاع شمس عال ولكن يمكن استخدامها في هذه المناطق لو كان السطح العلوي لشرائح البلاستيك عاكسا لأشعة الشمس ، أو مكون من رغوة بلاستيكية لزيادة العزل ضد نقل الحرارة بالتوصيل . كما يوجد نظام قنوات متعدد مختلف تماما يمكن تنفيذه إذا استخدمت مواد صلبة كما هو موضح في شكل رقم ١٨ ويتكون من شريحة صلبة مكونة من قنوات متوازية ذات قاع

شكل رقم (١٨) - قنارات معدودة صلبة ثابتة



مسطح مشابهة لشرجة متعرجة من الأسبتوس . ذات غطاء يوضع على قمة الشرجة المتعرجة . ولهذا الغطاء فتحات في صفوف تلام خطوط القنوات مسطحة القاع . وتوضع المكعبات التي تثبت النباتات الصغيرة في فتحات الغطاء . ومرة أخرى فإنه في المناطق ذات الإشعاع العالي فإن الغطاء العلوى يجب أن يكون عاكسا للأشعة وعازلا للحرارة .

وأحد عيوب استخدام هذه القنوات الصلبة هو صعوبة نقلها وتداولها . بينما استخدام مواد مرنة يمكن لفها وبذا يمكن نقل أطوال كبيرة منها . وأيضا عند عمل وصلات من القطاعات الصغيرة لتكوين قناة طويلة فإن كل وصلة تمثل احتمال فقد الماء الدوار منها ما لم تبطن بطبقة من غشاء البولييثين .

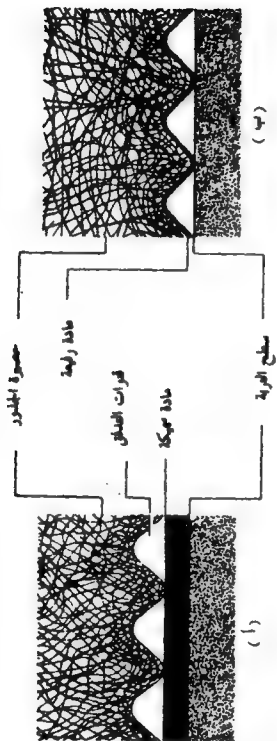
ويمكن استخدام القنوات المتعددة الصلبة بنجاح عندما يكون طول الخط هو طول اللوح المستخدم — أى خط قصير . والخطوط القصيرة ذات فائدة في الأجواء الحارة عندما يكون من الضروري وقف ارتفاع درجة حرارة المحلول . والتكلفة الرأسمالية للخطوط القصيرة عالية عن الخطوط الطويلة لأنها تستلزم أنابيب إمداد طويلة بالنسبة لمساحة محصول معين .

معدل التدفق وميل القناة

عند استخدام نظام الغشاء المغذى في انتاج الحاصلات يجب التأكد أن عمق المحلول الدوار لا يزيد عن عدة ملليمترات قليلة حيث يكون معظم حصيرة الجذور النامية في قناة الغشاء المغذى فوق سطح السائل . ويتوقف عمق السائل في القناة بالنسبة لمحصول معين على المادة المستخدمة و صنع القناة وميل القناة ومعدل تدفق المحلول في القناة . ويجب أخذ هذه العوامل الثلاثة في الاعتبار لإيجاد تيار ضحل من المحلول الدوار في القناة .

١ — المادة المستخدمة في عمل القنوات

العامل الأساسي هو سمك المادة المصنوعة منها القناة فإذا كان السمك على سبيل المثال ٢٥ ملليمتر (تحدث الحالة الموضحة بشكل رقم ١٩) ،



شكل رقم (١٩) - الصاق وعدم الصاق البلاستيك بقاعدة حصى الجدران

فالجنور الفردية التي تكون حصيرة الجنور ذات مقطع دائري وتكون قاعدة هذه الحصيرة « مبرومة » *Convolved* وتتراكم الجنور على السطح الناعم للبولىين متوسط الصلابة وتؤدي التواءات قاعدة الحصيرة المبرومة إلى وجود قنوات مفتوحة يتدفق خلالها ثيار ضحل من المحلول وعلى ذلك فإن معظم المحلول سوف يتدفق تحت حصيرة الجنور . غير أنه لو كان البولىين المستعمل فى عمل قنوات الغشاء المغذى رقيقا جدا فإنه يلتصق بقاع حصيرة الجنور بسبب التوتر السطحي . وبذلك لا تتكون قنوات التدفق كما هو موضح فى شكل ١٩ ب) . تتدفق المحلول فى هذه الحالة سوف يكون خلال حصيرة الجنور بسبب عدم قدرته على التدفق تحتها . وينتج عن ذلك أن حصيرة الجنور تزيد تعطل التدفق ويزداد بالتالى عمق السائل فى القناة . ولذا يجب ألا يقل سمك غشاء البولىين عن ١٣ , ملليمتر أو يكون البولىين بطانة لبعض المواد الأخرى الأكثر سمكا .

ب — ميل القناة

الحد الأدنى للميل هو حوالى ١٪ . وقد قارن *Spensely* تأثير درجات ميل ١ فى ١٠٠ ، ١ فى ٥٠ ، ١ فى ٢٥ على إنتاج الطماطم بنظام الغشاء المغذى وحصل على أوزان المحصول الآتية بالكيلو جرام لكل متر مربع وهى : ٢٧,٠ ، ٢٩,٥ ، ٢٩,٩ ، ٢٩,٥ ويتضح من ذلك أن الصرف السريع السهل هو الأفضل وعلى ذلك فالميل الأشد هو الأفضل . والحقيقة أنه لا يوجد حد أعلى للميل .

أمكن انتاج المحاصيل فى قنوات عمودية كما سيأتى توضيح ذلك . وتحت الظروف العادية فإن الاعتبارات العملية قد توجد حدا أعلى (مثل قدرة الآلات) .

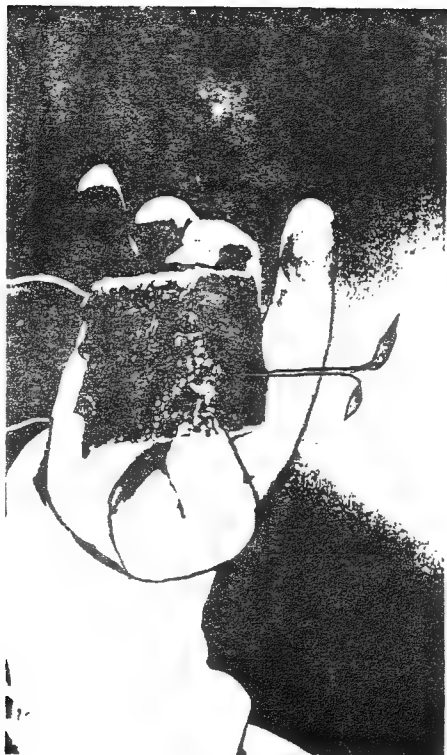
ح - معدل تدفق المحلول إلى القناة

في حالة محصول معين ينمو في حقول متنوعة من مادة معينة وذات ميل معين يكون معدل التدفق الداخل الأسرع هو الأفضل مع الأخذ في الاعتبار أن عمق السائل المتدفق يجب ألا يزيد عن مليجترات قليلة . فمعدل التدفق المناسب الداخل إلى القناة يكون حوالي ٢ لتر في الدقيقة بحيث يكون المحلول الخارج من فتحة الخروج إلى خزان التجميع عبارة عن تيار مستمر . بينما يتحول إلى قطرات متقطعة إذا كان معدل تدفق المحلول الداخل منخفضا .

وكوسيلة عملية لتحديد معدل التدفق المناسب يلاحظ المحلول الخارج من كل قناة فإذا كان تيارا مستمرا يتحول إلى قطرات منفصلة إذا خفض معدل التدفق قليلا اعتبر هذا المعدل ملائما .

تثبيت النباتات الصغيرة في القنوات

تواجه مستخدمي القنوات العادية مشكلة عند وضع شتلات النباتات القصيرة وذلك لأن وضعها بحيث تكون الأوراق الأولى في الضوء يؤدي إلى أن جنورها لا تصل إلى المحلول المغذى في قاع القناة وإذا وضعنا الجنور في الماء لا تصل الأوراق إلى الضوء لقصر النبات . ويمكن التغلب على هذه المشكلة بغرس البذرة أو وضع الشتلة الصغيرة في مكعبات من مادة امتصاصية ذات حجم يسمح للنبات الصغير في هذا المكعب بأن يكون في الضوء فوق القناة . بينما مكعب الامتصاص نفسه يوصل الماء إلى الجنور (شكل رقم ٢٠) .



شكل رقم (٢٠) — دائرة طماطم لي . مكعب من مادة اقتصادية

وينمو النبات تصل جذوره إلى القاع (قاع القناة) وتكون حصيرة تنمو في الماء المتدفق . وعلى ذلك فالمكعب ذو فائدة فقط عندما يكون انبات صغيرا .

واستخدام مكعبات الامتصاص يعارض المبدأ الأصلي لتقنيات الغشاء المغذى الذى يعتمد على تنمية النباتات دون أى بيئة صلبة نمو الجذور ولهذا السبب يجب أن يكون حجم هذا المكعب صغيرا بقدر الإمكان . ولأزلنا في حاجة إلى دراسة أفضل المواد التى تصنع منها مكعبات النمو ، والحجم والشكل المناسبين لهذا الغرض ولا نستطيع أن نصف شيئا من ذلك (نوع المادة أو حجمها أو شكلها) بأنه نموذجي . وليس من الضروري أن يكون الشكل المثالي للمادة الشيت هو المكعب . فقد يكون شكل السجارة السميكة أفضل إقتصاديا وتسمح بإنبات أسرع ومثل هذا الشكل يكون أقل نباتا عن المكعب ولكن السطح العلوى للقناة العادية يمسك بها بقوة توفر لها الثبات . ويزداد ثبات النبات كلما زاد نمو حصيرة الجذور . ويجب أن تسمح المادة المصنوع منها هذه المثبتات بنقل البادرات بسهولة وأن تكون لينة مسامية سهلة التشكيل وذات مرونة تضمن تثبيت النبات . ويجب أن لا تكون سعتها المائية كبيرة حتى لا توجد ظروف غدقة حول الجذور وفي نفس الوقت تكون قادرة على امتصاص كمية كافية من الماء حتى يتكون نمو جيد للجذور . كما يجب ألا يكون سطحها العلوى زائدا الابتلال لأنه في حالة بعض أنواع النباتات التى لها شعيرات على الساق يمكن أن يتحرك المحلول الغذائى مسافة قصيرة إلى أعلى الساق في النباتات الصغيرة وتضر مراكز النمو . ويجب أن تكون المادة خاملة من الناحية الغذائية (أى لا تحتوى عناصر مغذية للنبات) وخالية من الأمراض والكائنات الحية . ومن المواد التى تتصف بهذه الصفات هى ٥ سم^٢ من الصوف الصخرى . والصوف الصخرى يتكون من صخر البازلت المصهور والمعامل بحيث يصبح ليفيا مساميا لنا ويمكن استخدام مكعبات ذات طول ٥ سم منه . كما يمكن استخدام حبيبات الطين التى تحرق بطريقة تؤدى إلى تمددها واحتوائها على فراغات هوائية . فعند ملء أصص صغيرة قطرها ٥ سم وجوانبها وقاعها شبكية بحبيبات الطين التمدد حول النبات الصغير فإن النبات يصبح ثابتا .

مكعبات الصوف الصخرى أو بوضع الجنور العارية للبادرات مباشرة في قنوات الغشاء المغذى . حيث أن جنور البادات العارية تكون طويلة بدرجة تكفى لجعل الأوراق في الضوء . وقد أمكن الحصول على نتائج مشابهة في محصول الخيار كما هو موضح في جدول رقم ١١ .

جدول رقم ١١ : تأثير البيئة المحيطة لتثبيت بادرات الخيار في قنوات الغشاء المغذى على عدد ثمرات الخيار لكل نبات في فترة الحصاد الأولى (٨ • يوم)

عدد الثمار لكل النبات	البيئة
٢٥	أص من الورق قطره ١١ سم مملوء بمخلوط من الطمي والبيت والرمل
٢٤	أص مكعب (٤ سم) من البيت مملوء بمخلوط من الطمي والبيت والرمل
٢٣	حبيبات طين ممتد في إص قطره ٥ سم
٢٢	جيفى ٧
١٩	جنور عارية للبادرات
١٥	مكعب صوف صخرى (٥ سم)

استعمال حصىرة شعرية في القنوات

عندما توضع قناة الغشاء المغذى على السطح المجهز لها أو عندما توضع قناة الغشاء المغذى العادية ذات القاعدة الصلبة في موقعها ، يكون من الصعب التأكد من عدم وجود انخفاض طفيف بعرض القناة . وتجنب الانخفاض العرضي للقناة يتم عندما تظل فقاعة ميزان الماء في وسطه عندما يوضع هذا الميزان عموديا على عرض القناة . فإذا لم تكن فقاعة ميزان الماء في وسط الميزان عندما يتدفق المحلول المغذى الدوار في القناة ، تدفق المحلول في جانب واحد من القناة تاركا معظم عرض القناة جافا مما يؤدي إلى ذبول النباتات بسبب نقص

الماء . وحتى إذا كان الماء يتدفق قرب مركز قاعدة القناة فإنه يصبح تيارا ضعيفا بسبب التوتر السطحي بين السائل والبلاستيك سوف يؤدي هنا إلى نقص الماء لبعض النباتات مما يؤدي إلى موتها .

وبمجرد نمو الجنود عبر عرض القناة فإنها تعمل كسدود صغيرة تكون كافية لنشر المحلول الدوار عبر عرض القناة . وحتى يحدث ذلك فإنه يمكن استعمال بعض المواد لنشر المحلول . وأهم طريقة تستعمل هي فرد مادة امتصاصية رقيقة مثل لفة ورق تواليت على طول القناة وتغطية قاعدتها . ومن الضروري أن تكون المادة المستعملة غير سامة أولها تأثير ضار على نمو النبات . كما يمكن وضع حاجز عرضي من بعض الألياف يعمل كسد صغير جدا . والمادة المستخدمة تستعمل فقط لمدة أسابيع . وعندما تنمو الجنود عبر القناة فلا تكون هناك حاجة لهذه المواد . ومن المهم أن هذه المواد لا تكون كتلة جيلاتينية تغطي الجنود أو تكون مادة غذائية للميكروبات المرضية . كما يجب ألا تطرد مع الماء وتسد الأنابيب أو المرشحات .

ولا داعي لتغطية كل قاعدة قنوات الغشاء المغذي بالحصيرة المسامية فشريط ضيق من الحصيرة بعرض أقل من ٥ سم يوضع عبر عرض القناة عند موقع كل نبات هو المطلوب ، إلا أن وضع هذه الشروط بهذه الطريقة مكلف بالنسبة للعمالة ومن الأسرع فرد شريط مستمر على طول القناة وهذا يقلل من تكاليف العمالة .

استهلاك النباتات من الماء في نظام الغشاء المغذي

المعلومات المتاحة عن استهلاك الحاصلات النامية في نظام الغشاء المغذي للماء قليلة . وقد تم قياس مقدار استهلاك الماء بمحصول الطماطم المزروع في نوفمبر بنظام الغشاء المغذي تحت صوبة في جنوب إنجلترا من أوائل شهر ديسمبر إلى أواخر مايو عند خمس درجات حرارة للمحلول مع التحكم في درجة حرارة الهواء طول اليوم بالتسخين والتهوية الأتوماتيكية بحيث تكون ٢٠ - ٢٥°م . ويوضح جدول رقم ١٢ استهلاك الماء عند حرارة المحلول ٢٣°م باللتر لكل نبات في اليوم لمتوسطات أسبوعية . وبسبب تاريخ الزراعة

لهذا المحصول فإن هناك زيادة تلقائية في حجم النبات والاشعاع الشمسي الكلي . ويتضح من الجدول رقم ١٢ أنه كلما زادت هذه العوامل زاد معدل استهلاك الماء . ويزداد الاستهلاك للماء بزيادة درجة حرارة المحلول . ومتوسط الاستهلاك للماء معبرا عنه كنسبة مئوية من الاستهلاك المائي عند درجة حرارة محلول قدرها ٣٢°م كان كما يلي : عند درجة ٢٩°م ، ٢٦°م كان ٩٠ ، ٨٠٪ على التوالي . وعند درجة ٢٣°م كان ٧٧٪ وعند درجة ٢٠°م كان ٦٤٪ . وفي نهاية مايو كان أعلى استهلاك مائي أمكن الحصول عليه هو ١,٦ لتر/يوم عند أعلى درجة حرارة لكل نبات .

جدول رقم ١٢ : الاستهلاك المائي الأسبوعي لنباتات طماطم منزوعة في شهر نوفمبر بصوبة زراعية بشمال المغرب
(درجة حرارة المحلول المغطى ٣٢°م)

نهاية الأسبوع	الاستهلاك المائي (لتر في اليوم لكل نبات)	نهاية الأسبوع	الاستهلاك المائي (لتر في اليوم لكل نبات)
١٢ ديسمبر	١٧	٦ مارس	٦٣
١٩ ديسمبر	١٧	١٣ مارس	٦٧
٢٦ ديسمبر	٢٢	٢٠ مارس	٨١
٢ يناير	٢١	٢٧ مارس	٩٠
٩ يناير	٢٦	٣ أبريل	٩١
١٦ يناير	٢٩	١٠ أبريل	٩٥
٢٣ يناير	٣٤	١٧ أبريل	١,٠
٣٠ يناير	٤٢	٢٤ أبريل	١,٢
٦ فبراير	٤٥	١ مايو	٩٦
١٣ فبراير	٥٧	٨ مايو	٨٨
٢٠ فبراير	٦١	١٥ مايو	١,٤
٢٧ فبراير	٥٧	٢٢ مايو	١,٢١
		٢٩ مايو	١,٥٨

تغذية الغشاء المغذى بطريقة الري

يوجد ثلاث طرق أساسية لريء الغشاء هي :

١ - الري بالغمر : وفي هذه الطريقة يحدث فقد بالبحر من سطح الماء في قنوات الري ومن سطح التربة المبتل . وفي الأراضي جيدة الصرف يفقد الماء أيضا عن طريق الرش

٢ - الري بالرش : وفي هذه الطريقة يفقد نسبة من الماء عن طريق البحر قبل أن يصل الماء إلى الأرض . وبعض الماء سوف يسقط على الأوراق وهذا يساعد على مزيد من الفقد بالبحر . ويتفقد جزء من الماء الذي يصل إلى سطح التربة أيضا بالبحر من سطح التربة الرطب . وفي الأراضي جيدة الصرف يمكن أيضا أن يحدث فقد لجزء من الماء . ولكن هذا الجزء يمكن تقليله عن طريق إحكام الري .

٣ - الري بالتنقيط : وهي أكفأ الطرق فلا يوجد بها فقد عن طريق الصرف والفقد عن طريق البحر من سطح التربة قليل لأن السطح المبتل صغير نسبيا .

ويشابه نظام الزراعة بالغشاء المغذى مع نظام الري بالتنقيط إذ أن فقد الماء عن طريق الصرف والبحر معدوم تقريباً .

ويوجد مع الري بالتنقيط عدد كبير من المنقطات (منقط لكل نبات غالباً) وفتحات هذه المنقطات صغيرة لتعطي الماء ببطء . وبالتالي يجب ملاحظة هذه المنقطات باستمرار وتسلية أى انسداد يحدث بها . أما في نظام الغشاء المغذى فتحات خروج الماء قليلة إذ يوجد فتحة واحدة لكل صف لدخول الماء وقطر هذه الفتحات أكبر من قطر فتحة المنقطات في نظام الري بالتنقيط ومعدل التدفق منها أعلى ولهذا السبب فتادرا ما يحدث انسداد لهذه الفتحات .

موجودة في الهواء بالرغم أنه يمثل فإنه يوجد هواء متاح للمجموع الجذرى .
وحل ذلك فشرط الزراعة في إحكام الرى مستبعد .

وحيث أنه لا يوجد احتمال تراكم الأملاح بصفة مستمرة في تقنيات الزراعة
بالغشاء المغذى فإنه يمكن استخدام سواقل الصرف الصحى كمصدر للماء
وللنواصر الغذائية في هذا النظام .

نز الجنور وتثبيت النتروجين

منشأة الغشاء المغذى نظام مقفل بمعنى أن أى مادة تنز (تخرج) من
الجنور النباتية سوف تبقى في الماء الدائر وتكون قابلة لاعادة امتصاصها
بالمجموع الجذرى لو كانت هذه المادة قابلة للامتصاص — أما زراعة
الحاصلات بالتربة فهى نظام مفتوح إذ أن الجنور تنمو تاركة منطقة التز
السابقة والمواد النازة تبقى في التربة في مرقمها وقد يعاد امتصاص قليل من
المواد النازة من الجنور .

ومن المعروف أن النباتات تنز مركبات عضوية من جنورها . فعند تعريض
الأوراق لثانى أكسيد الكربون المحتوى على ك — ١٤ المشع وجد هذا الكربون
المشع في المحلول المحيط بالجنور بادرات القمح بعد ٥ ساعات . ومن المعروف
أيضا أن النباتات قد تمتص مركبات عضوية من خلال جنورها مثل الخردل
Mustard والقمح والشعير التى تمتص الأحماض الأمينية ، كما تمتص جنور الذرة
والطماطم الفوسفور العضوى . ومن التجارب باستخدام المركبات العضوية
التي تسبب تشوه النمو اتضح أن النباتات قادرة على امتصاص المركبات
العضوية النازة (الخارجة) من الجنور من نفس الصنف أو الأصناف
الأخرى . وقد تصل المواد الخارجة من جنور النباتات كمنتظم للنمو ويتضح
ذلك من قدرة المواد الخارجة (النازة) من جنور نباتات الذرة الرفيعة
Sorghum على اسراع إنبات البذور الساكنة dormant لنبات Striga
hermonthica وكذا تنشط نمو الجنور المقطوعة للذرة والبسلة Peas . كما

أُتضح أن المواد الخارجة من الجذور تعمل كمنظم للنمو بتركيزات شديدة الانخفاض إذ أن حامض الاكليليك Eclepic acid الخارج من جذور العظامم ينشط فقس حويصلات الدبدان الأرضية عند وجوده بتركيزات تصل إلى ١ في ١٠ مليون . وقد أُتضح أن نمو النبات يمكن أن يتأثر بنواتج جذور نبات آخر من نفس الصنف وبالطبع بنواتج جذور نفس النبات . كما أن حامض ترانس — سيناميك Trans-cinnamic acid الناز (الخارج) من جذور نباتات الحواويل Guayule الكبيرة تقلل نمو نباتات الحواويل الصغيرة . كما أن نواتج جذور نوع ما من النبات يمكن أن تؤثر على نمو نوع مختلف آخر من النبات . وعلى سبيل المثال فإن جذور شجر الجوز Walnut تخرج مواد تسبب ذبول Wilt بياتات العظامم .

وفي نظام الغشاء المغذى لو تم نز (اخراج) النيتروجين من جذور النباتات التي تثبت النيتروجين فمن الممكن أن يحمل بالمحلول الدائر لمحصول آخر في جزء آخر في نفس المنشأة . وعلى هذا فمن الممكن تحديد أمثل نسبة من النباتات المثبتة للنيتروجين إلى النباتات الغير مثبتة للنيتروجين لتوفير إمداد مناسب للنيتروجين . وهذا سوف يوفر مصدرا رخيصا من النيتروجين . والدراسات الأولية التي أجريت حول هذا الموضوع هو تلقيح المحلول الدائر في نظام الغشاء المغذى بالبكتريا المثبتة للنيتروجين (دراسات Dinesh Balsaver بالهند) .

الباب الرابع

خدمة نظام الغشاء المغذى

- متابعة وضبط المخلول المغذى
- درجة حموضة المخلول المغذى
- درجة تركيز المخلول المغذى
- التحكم الأوتوماتيكي لدرجة الحموضة والتركيز
- دوران المخلول المغذى
- حرارة المخلول المغذى
- متابعة الحالة الغذائية للنباتات
- تشخيص نقص العناصر المغذية
- تحليل الأنسجة النباتية
- اليوت الزراعية
- اعداد الشتلات
- زراعة الأنسجة
- الإصابة بالأمراض ومكافحتها

متابعة وضبط المحلول المغذى

المحلول المغذى هو الذى يمد النباتات بالعناصر المغذية الضرورية ، وعندما يتم تحضيره يتصف بدرجة حموضة معينة تلائم النباتات ، وتركيز معين ناتج عما أذهب فيه من عناصر في صورة أملاح .

وبمضى الوقت ونمو النبات في هذا المحلول تخرج الجذور ثاني أوكسيد الكربون وبعض المركبات العضوية تكون نتيجة تغير درجة حموضة المحلول مما قد لا يلائم النبات أو تتأثر قدرته على امتصاص العناصر المغذية ، كما أن تركيز هذه العناصر أيضا يتغير نتيجة لامتناس النبات النامي لها .

من أجل ذلك تعتبر متابعة درجة حموضة المحلول (رقم الـ pH) وتركيز الأملاح به واعادتها إلى ما كانا عليه في البداية أمرا حاسما يتوقف عليه نجاح الزراعة أو اخفاقها .

ويرتبط بهذه المتابعة ارتباطا وثيقا الاطمئنان إلى مداومة دوران المحلول . فما لم يستمر هذا الدوران يقل الأوكسجين بالمحلول ولا يستطيع النبات النمو .

وفي حالة تدفئة المحلول تصبح مداومة متابعة درجة حرارة المحلول أمرا ضروريا . وقد أشرنا إلى أهمية متابعة وضبط درجة حرارته عند وصف نظام الغشاء المغذى .

درجة حموضة المحلول المغذى

رقم الـ pH

لدرجة حموضة المحلول المغذى أهمية كبيرة وقد سبق أن أوضحنا أن زيادة الحموضة تضر النبات النامي في قنوات الغشاء المغذى أو في غيرها من وسائل الزراعة بدون أرض . والواقع أنه من المعروف حتى في الزراعة بالتربة أن التربة ذات الحموضة الزائدة ضارة بالنبات وفي نفس الوقت إذا قلت حموضة المحلول

إلى درجة زائدة يصبح المحلول قلوى التأثير . وللقلوية أيضا تأثير ضار على نمو النباتات . ومن أجل ذلك كان من الضروري متابعة درجة حموضة أو قلوية المحلول طوال فترة نمو النبات وضبطه عند درجة حموضة ملائمة للنبات . ويتم ذلك بقياس ما يسمى رقم الـ pH وهو تعبير ذو دلالة على تركيز الهيدروجين بالمحلول يستنتج من انحلال الماء إلى هيدروجين (H^+) وهيدروكسيل (OH^-) ويعبر عن تركيز الهيدروجين بلوغاريم مقلوب تركيزه في المحلول .

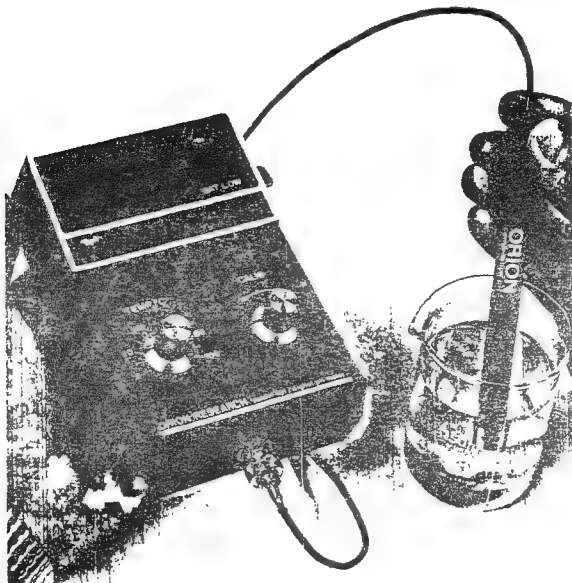
وفي حالة التعادل أى عندما يكون تركيز الهيدروجين مساويا لتركيز الهيدروكسيل في الماء النقي يكون رقم الـ pH مساويا ٧ أى أن لوغاريم مقلوب تركيز الهيدروجين في هذا الماء المتعادل هو ٧ . وبزيادة الحموضة يزداد تركيز الهيدروجين فيقل الـ pH عن رقم ٧ بقدر ما تزيد الحموضة وفي نفس الوقت يقل تركيز القلوية (OH^-) . وعلى ذلك فالمحلول ذو رقم pH مساو ٥ ذو حموضة أعلى من المحلول ذو رقم pH مساو ٦ .

ويمثل رقم الـ pH أيضا الأس السالب لتركيز الهيدروجين . فرقم pH مساو ٥ يعنى أن تركيز الهيدروجين بالمحلول هو 10^{-5} مول/لتر . ورقم pH مساو ٦ يعنى أن تركيز الهيدروجين بالمحلول هو 10^{-6} مول/لتر وبذا نستطيع أن نستنتج أن حموضة المحلول ذو رقم pH مساو ٥ تعادل ١٠ مرات قدر حموضة المحلول ذو رقم pH مساو ٦ .

قياس الـ pH

أبسط طريقة لقياس رقم الـ pH هي استخدام شريط ملون من الورق يتغير لونه تبعا لـ pH المحلول (أو تركيز أيونات الهيدروجين) في السائل الذى تنغمس فيه . وبمقارنة لون الورقة الرطبة مع الألوان القياسية ، فإن قيمة الـ pH المقابلة للون المقارب للون الورقة الرطبة هي رقم pH السائل . واستخدام هذه الطريقة لقياس pH المحلول المغذى للمحاصيل النامية بطريقة الغشاء المغذى ليس دقيقا بدرجة كافية . وتوجد طريقة بسيطة أخرى ولكنها أكثر دقة . وهي طريقة استخدام أدلة الـ pH السائلة والتي يتغير لونها تبعا لقيمة الـ pH .

فيؤخذ عينة من المحلول المغذى وتوضع في أنبوبة اختبار ويضاف إليها نقطة من الدليل ، غيتلون السائل في أنبوبة الاختبار ويقارن اللون الذى يظهر عندئذ مع اللون قياسية ، وقيمة الـ pH المقابلة هي قيمة pH السائل .



شكل رقم (٢١) - جهاز قياس الـ PH للمحلول المغذى

وأفضل الطرق بالنسبة لنظام الغشاء المغذى هي استخدام أجهزة قياس الـ pH النقال وهي صغيرة الحجم وتعمل بالبطارية وذات الكترود يوضع في عينة من المحلول المغذى (شكل رقم ٢١) وعند مرور التيار الكهربائي تتحرك ابرة

أو مؤشر الجهاز على تدرج الـ pH لتبين قيمة الـ pH السائل . ومن الضروري أن يكون لدى المزارع جهاز لقياس الـ pH من هذا النوع حتى لو كان لديه تحكم أوتوماتيكي لـ pH المحلول في نظام الغشاء المغذى وذلك لأن أحسن أجهزة التحكم الأوتوماتيكي يحدث لها أعطال . ومن المهم عند استخدام الأجهزة الأوتوماتيكية عمل قياسات مستقلة بين وقت وآخر للـ pH للتأكد من أن جهاز التحكم الأوتوماتيكي يعمل بكفاءة .

ضبط الـ pH

يجب ألا يرتفع رقم pH المحلول المغذى لأغلب أنظمة الغشاء المغذى عن ٦,٥ وألا يقل عن ٦ . فإذا ضبط pH المحلول يدويا فيجب أن يقاس يوميا . وإذا كان مصدر الماء حامضي التأثير (بدرجة كافية) فإن الـ pH سوف ينخفض — أما إذا لم يكن حامضيا بدرجة كافية فإن الـ pH سوف يرتفع . وإذا ارتفع الـ pH إلى ٦,٥ — فيجب أن يضاف حامض للمحلول لخفضه إلى ٦ . وإذا انخفض الـ pH عن ٦ فيجب أن تضاف كمية كافية من القاعدة للمحلول لرفع الـ pH إلى ٦,٥ .

والحامض مادة تتأين عند إضافتها للمحلول المغذى لتعطي أيونات هيدروجين . وعلى سبيل المثال يتأين حمض النيتريك (HNO_3) إلى H^+ ، NO_3^- . أما القاعدة فهي مادة تعطي عند تأينها أيونات هيدروكسيل . وعلى سبيل المثال يتأين هيدروكسيد البوتاسيوم (KOH) إلى K^+ ، OH^- .

واصطلاح « قوى » أو ضعيف تشير إلى درجة تأين تلك المواد . وعلى سبيل المثال ، فحامض الهيدروكلوريك (HCL) يعتبر حامضا قويا لأنه يتأين بدرجة ١٠٠٪ في المحلول المخفف . بينما حامض الخليك ضعيف حيث يحدث له تأين بدرجة ٤٪ فقط .

وجهاز التحكم الأوتوماتيكي يراقب باستمرار التغير في الـ pH ويحقن الحامض أو القاعدة أوتوماتيكيا للحفاظ على قراءة الـ pH كما هي مسجلة في

جهاز التحكم - ولأغلب الحاصلات في أنظمة الغشاء المغذى يجب أن يكون الـ pH ٦,٥ .

والأحماض المناسبة للاستخدام في ضبط pH المحلول هي حامض الفوسفوريك (H_3PO_4) وحامض النيتريك (HNO_3) . أما القاعدة المناسبة للاستخدام فهي هيدروكسيد البوتاسيوم (KOH) .

وفي حالة وجود كمية من الكالسيوم في الماء المستخدم لعمل المحلول المغذى يفضل استخدام حامض النيتريك عن حامض الفوسفوريك . وذلك لأنه في حالة استخدام حامض الفوسفوريك سوف تحتاج إلى كمية منه أكبر مما لو استخدمنا حامض النيتريك . وكمية الحامض المطلوبة في هذه الحالة سوف تقدر على أساس كمية بيكربونات الكالسيوم [$CaHCO_3$] الموجودة لأن كلا من حامض النيتريك والفوسفوريك سوف يتفاعل مع بيكربونات الكالسيوم كما في المعادلات التالية :



ومن المعادلات السابقة يتضح أن كلا الحامضين ينتج ثاني أكسيد الكربون والماء ، ولكن في حالة حامض النيتريك تتكون نترات الكالسيوم الذاتية بينما مع حامض الفوسفوريك يتكون فوسفات الكالسيوم غير الذاتية وهي راسب أبيض لا قيمة غذائية له . لهذا فإنه يحدث نقص غذائي في الفوسفور بصفة أساسية إذ لا يحدث هذا التفاعل إلا في وجود زيادة من الكالسيوم . والراسب المتكون لا يسبب مشاكل ميكانيكية مثل عاققة حركة أو سريان المحلول . وقد قيل إن الراسب غير الذائب سوف يسد فتحات مرور الهواء في الجذور . غير أن ذلك لم يثبت وأمكن الحصول على محصول جيد من الطماطم باستخدام ماء يحتوي ١٠٠ جزء في المليون من الكالسيوم واستخدام حامض الفوسفوريك في ضبط رقم pH المحلول . وفي هذه الحالة سوف تحتاج إلى كمية من الحامض أكثر عند استخدام حامض الفوسفوريك للتحكم في الـ pH عن تلك المطلوبة

إذا استخدمنا حامض النيتريك . وبالإضافة إلى ذلك يجب أن يؤخذ في الاعتبار أمان التشغيل عند اختيار الحامض الذي سوف يستخدم في ضبط pH المحلول . فحامض النيتريك المركز حارق جدا بينما حامض الفوسفوريك غير حارق كما أن التكاليف والمزايا والعيوب الكيميائية يجب أيضا أخذها في الاعتبار . وعموما ليس هناك حامض كامل الصفات والاختيار عادة يكون بين حامض الفوسفوريك والنيتريك ولكل منهما مزايا وعيوب عند الاستخدام .

ويمكن استخدام حامض الكبريتيك (H_2SO_4) أيضا وهو مثل حامض النيتريك قوى حارق . وقد عملت تجربة مقارنة في كلية الزراعة بويلز (إنجلترا) بين نظامين من الغشاء المغذى للطماطم مع اجراء ضبط الـ pH بحامض الفوسفوريك وحامض الكبريتيك . فكان وزن المحصول لكل نبات ٤,٨ كيلو جرام في حالة استخدام حامض الفوسفوريك و ٤,٤ كيلو جرام في حالة استخدام حامض الكبريتيك . وقد لوحظ في المرحلة الأولى أن نمو النباتات لم يكن جيدا عند استخدام حمض الكبريتيك .

ولكى نفهم لماذا نحتاج إلى حامض الفوسفوريك أكثر من حامض النيتريك عند وجود يكربونات الكالسيوم في المصدر المائي ، فمن الضروري فهم معنى كل من المحلول الجزيء (المولر) ، المحلول العياري والمكافئ الهيدروجيني للحامض .

الجزيء أو المول (Mole) هو كتلة (وزن) المادة التي يساوى وزنها الوزن الجزيء وعادة يعبر عنه بالوزن الجزيء الجرامى . وعلى سبيل المثال فالوزن الجزيء لحامض النيتريك (HNO_3) هو مجموع أوزان الذرات المكونة له .

$$HNO_3 = 1 + 14 + (16 \times 3) = 63$$

لهذا فالوزن الجزيء الجرامى = ٦٣ جرام .

والمحلول الجزيء (المولر) Molar Solution يحتوى على الوزن الجزيء

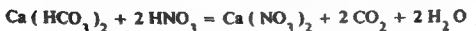
الجرامى (١ مول) من المادة مذابا فى ١ لتر من المحلول . وعلى هذا فالمحلول المولر من حامض النيتريك والذى حجمه ١ لتر يحتوى على ٦٣ جرام من حامض النيتريك .

والمكافئ الهيدروجينى للمادة Hydrogen equivalent للمادة هو عدد ذرات الهيدروجين القابلة للاحتلال فى جزيء واحد منها . ففى حالة حامض النيتريك (HNO_3) يكون المكافئ الهيدروجينى واحد .

والمحلول العيارى يحتوى على الوزن الجزيء الجرامى من المادة المذابة لكل لتر من المحلول (المحلول المولر) مقسوما على المكافئ الهيدروجينى . ولأن المكافئ الهيدروجينى لحامض النيتريك واحد فإن المحلول العيارى لحامض النيتريك يحتوى الوزن الجزيء الجرامى فى اللتر مقسوما على واحد . لهذا فالمحلول المولر والمحلول العيارى لحامض النيتريك يحتوى كل منهما على نفس الكمية من حامض النيتريك فى اللتر . ولكن المكافئ الهيدروجينى لحمض الفوسفوريك (H_3PO_4) يكون ٣ والوزن الجزيء الجرامى لحمض الفوسفوريك = ٩٨ جرام وعلى هذا فإن المحلول العيارى يحتوى فقط ٣٢,٧ جرام ($98 \div 3$) حمض فوسفوريك فى اللتر بينما المحلول الجزيء (المولر) يحتوى ٩٨ جرام .

ويستخدم أيضا اصطلاح آخر للتعبير عن تركيز المحلول . فواحد ملليجرام لكل لتر هو نفسه ١ جزء فى المليون لأنه يوجد ١٠٠٠ مليلتر فى اللتر الواحد . لهذا فإن محلول مليمولر من كربونات الكالسيوم $[\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2]$ سوف يحتوى على ٤٠ جزء فى المليون من الكالسيوم لأن الكالسيوم وزنه الذرى يساوى ٤٠ .

ويكربونات الكالسيوم فى المصدر المائى كما سبق شرحه سوف يتفاعل مع حامض النيتريك كما فى المعادلة التالية :



وطبقا للتعريف السابق فإن واحد مليلتر من محلول عيارى من حامض النيتريك يحتوى على واحد ملليجزيء جرامى (مليمول) من حامض النيتريك ولهذا ففى المعادلة السابقة يتفاعل واحد مليمول من بيكربونات الكالسيوم مع ٢ مليمول من محلول عيارى للحامض النيتريك .

وحامض النيتريك سائل له كثافة نوعية ١,٤٢ وبمعنى آخر فهو أثقل من الماء بمقدار ١,٤٢ مرة . وكل ١ مليلتر من الحامض يزن ١,٤٢ جرام . وكما شرحنا سابقا فالمحلول العيارى يحتوى فى كل لتر على الوزن الجزيئى الجرامى من المادة مقسوما على المكافء الهيدروجينى . ولحامض النيتريك كما أظهرنا سابقا يحتوى ٦٣ جرام . وحيث أن وزنه النوعى ١,٤٢ فيكون هذا الوزن مساويا ٤٤ مل ($63 \div 1.42$) وعلى ذلك فلتحضير محلول عيارى من حامض النيتريك يلزمنا ٤٤ مليلتر من الحامض تكمل إلى لتر واحد بالماء . وبمعنى آخر فهو محلول ٤,٤٪ . وهذا معناه وجود ٤٤ مليلتر من الحامض فى ١٠٠٠ مل من المحلول .

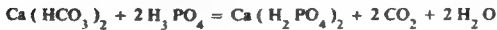
أما الماء النقى الخالى من كربونات الكالسيوم فإن كمية الحامض المطلوبة لضبط ال pH عند ٦ تكون قليلة وتكون فى حدود ١ مليلتر من محلول عيارى للحامض النيتريك لكل ١٠٠٠ لتر من الماء فى نظام الغشاء المغذى .

وعلى هذا وكما شرحنا سابقا فإن كمية الحامض المطلوبة لضبط ال pH تقدر عن طريق كمية الكالسيوم فى الماء — وكلما زاد محتوى الكالسيوم كلما زادت كمية الحامض المطلوبة . وعلى هذا فالاحتياجات الحامضية يمكن حسابها من محتوى الكالسيوم كالتالى :

إذا استخدم محلول عيارى من حامض النيتريك فإن الجزء فى المليون من الكالسيوم فى المصدر المائى يجب أن يقسم على ٢٠ ليعطى عدد الملليمترات من الحامض المطلوبة لكل لتر . والرقم ٢٠ مشتق من حقيقة أن كل ١ ملليمول من كربونات الكالسيوم يحتوى على ٤٠ جزء فى المليون كالسيوم والتى سوف

تتفاعل مع ٢ مليلتر من حامض النيتريك العيارى . لهذا فإن ١ مليلتر من الحامض سوف يتفاعل مع ٢٠ جزء في المليون من الكالسيوم . وعلى ذلك فإن قسمة عدد الأجزاء في المليون من الكالسيوم في المصدر المائى على ٢٠ يعطى عدد المليمترات من حامض النيتريك العيارى المطلوبة لكل لتر .

وإذا استخدمنا حامض الفوسفوريك فإن بيكربونات الكالسيوم في المصدر المائى سوف تتفاعل مع الحامض كما في المعادلة التالية :



وقد أوضحنا سابقا أن المحلول العيارى من حامض الفوسفوريك تحتوى على $\frac{1}{3}$ الكمية فقط من حمض الفوسفوريك الموجودة في المحلول الجزئى

(المولر) . ولأن المكافء الهيدروجينى ٣ ، لهذا فللتفاعل مع ١ ملليمول من بيكربونات الكالسيوم يلزمنا ٦ مليلتر من محلول عيارى الحامض الفوسفوريك . والاحتياجات الحامضية باستخدام حامض الفوسفوريك تحسب كما في حالة حامض النيتريك ولكن تضرب في ٣ . مثال ذلك ، إذا كان الماء يحتوى على ١٠٠ جزء في المليون من الكالسيوم فإن حجم حمض النيتريك العيارى اللازم لكل ١٠٠٠ لتر من المحلول في نظام الغشاء المغذى يكون :

$$\frac{100}{20} \times 1000 = 5000 = 5 \text{ مليلتر} \text{ لتر}$$

بينما حجم حمض الفوسفوريك العيارى اللازم يكون :

$$\frac{100}{20} \times 1000 \times 3 = 15000 = 15 \text{ مليلتر} \text{ لتر}$$

وحامض الفوسفوريك سائل كثافته النوعية ١,٧٥ وهذا يعنى أن كل ١ مليلتر من حامض الفوسفوريك يزن ١,٧٥ جرام . وكما شرحنا سابقا فالمحلول العيارى يحتوى على الوزن الجزئى من المادة لكل لتر مقسوما على المكافء

الهيدروجينى لها (٣٢,٧ جرام) ولأن كثافته النوعية ١,٧٥ فهذا الوزن يساوى ١٩ مليلتر (٣٢,٧ ÷ ١,٧٥) وعلى هذا فلتحضير محلول عيارى من حامض الفوسفوريك يلزمنا ١٩ مل من الحامض تكمل إلى حجم نهائى لتر بالماء المقطر . معنى ذلك أنه محلول ١,٩٪ لأنه يوجد ١٩ مليلتر من الحامض فى ١٠٠٠ مليلتر من المحلول . وهذا الحامض بسبب طبيعته غير الحارقة فاستخدامه مأمون ولو كان مركزاً فلا داعى لتخفيفه . أما استخدام حامض النيتريك فيجب الحرس عند استخدامه فرداذه بسبب حروق بالمالبس وآلام شديدة بالجلد . وإذا لامس العين فإنه قد يؤدى إلى ضرر مستديم للبصر . كما أنه يعطى دخاناً يسبب تسمماً إذا استنشقه العامل وتزداد خطورته أن من يستنشقه لا يشعر بأى ضيق وقت استنشاقه .

ويرد حامض النيتريك عادة معبأ فى أوعية من الزجاج أو البلاستيك ويخزن فى مبنى مهوى معزول على أرضية من مادة غير عضوية مثل الطوب أو الحجر .

ويفرغ الحامض من أوعيته بواسطة سيفون من الحديد غير قابل للصدأ أو بواسطة مضخة خاصة . ويجب أن يكون العامل بعيداً قدر الإمكان عن الوعاء الذى يفرغ فيه الحامض حتى لا يتعرض لرذاذه أو للأبخرة المتصاعدة منه . ويجب أن يقوم بالتفريغ عاملان أحدهما يحمل وعاء الحامض والآخر يقوم بالتفريغ ومن الضرورى أن يلبس فوطة وقفازا وأحذية وبنطلونات لا تتأثر بالحامض . ويجب أن يحتوى مخزن حامض النيتريك قدراً وافراً من مسحوق الطباشير أو كربونات الكالسيوم لاستخدامها لمعادلة أى رذاذ أو حامض . وكذا يجب أن يكون بالمخزن حنفية وخرطوم لفسيل موقع الرذاذ ولا يستخدم القماش قط ويجب توفر وسائل الاسعاف الأولى مثل حوض غسيل العين مع ماء مقطر وكذا زجاجة غسيل العين ملأى بمحلول بوريك ملحي .

وعند تجهيز محلول مخفف من حامض النيتريك حجمه مثلاً ١٠ لتر من الحامض التجارى ٧٠٪ فى ١٦٠ لتر من الماء ، يجب أن يغطى الخزان الذى

سوف يحتوى على الحامض الخفف بنطاء ذى قصب يدخل منه الحامض المركز خلال أنبوبة وتقب آخر يوضع به أنبوبة لسحب الدخان خارج المبنى . ويقوم العاملون وهم بملابس واقية — بملاأ الخزان جزئيا بالماء اللازم ثم يضاف الحامض .

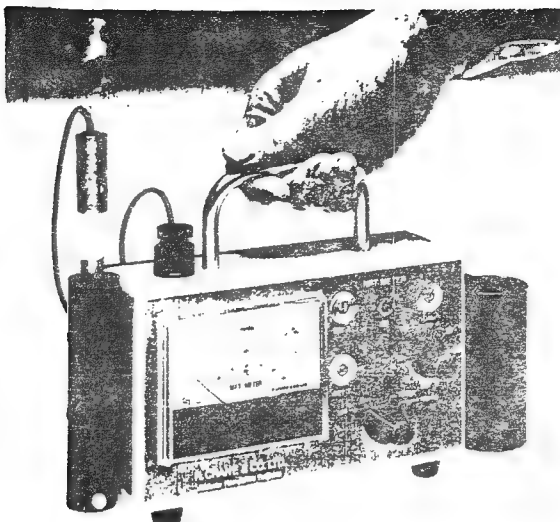
وعندما يكون مصدر الماء المحلى زائد الحموضة فيجب اضافة هيدروكسيد البوتاسيوم (KOH) لرفع الـ pH للقيمة المطلوبة . وهيدروكسيد البوتاسيوم يمكن الحصول عليه فى شكل كرات ويمكن تحضير محلول ٥٪ بوزن ٥٠ جرام من كرات هيدروكسيد البوتاسيوم واذابتها فى ٩٥٠ مليلتر . وعلى هذا الأساس يمكن تحضير حجم كبير أو صغير من محلول هيدروكسيد البوتاسيوم حسب الكمية المطلوبة .

وإذا كان الماء المستخدم فى ضبط المحلول المغذى مخزنا فى خزان بالموقع فمن الضرورى معالجة هذا الماء بضبط رقم pH عند ٦,٠ بإضافة الحامض أو القلوى .

ضبط تركيز الأملاح بالحللول المغذى

من المعروف أن العناصر المغذية للنبات في نظام الغشاء المغذى تذاب في الماء . ويمكن تقدير تركيز العناصر الغذائية في المحلول بقياس قدرة الماء على توصيل التيار الكهربى ، إذ يزداد التوصيل الكهربائى كلما زاد تركيز المواد المذابة في المحلول . ويعرف المحلول الذى له القدرة على توصيل التيار الكهربى بالإلكتروليت . وتقاس مقاومته للتوصيل الكهربى بوحدات الأوم . وقدرته على التوصيل تعرف بالتوصيل الكهربائى وهو مقلوب المقاومة . ووحدات قياس التوصيل تعرف بالموه mho . والتوصيل الكهربائى للالكتروليتات عادة يعبر عنه بالمليمور/سم (٠.٠١ موه) أو الميكروموز/سم (١ × ١٠^{-٦} موه) . فمثلا ٢ ملليموز/سم تعادل ٢٠٠٠ ميكروموز/سم . وقد استبدلت وحدات الموه mho بوحدات سيبن Sieben و ١ ملليموه/سم = ١ ديسى سيبن /م mmoh/cm ! ds/m .

يعبر عن التوصيل الكهربائى أيضا بمعامل التوصيل Conductivity Factor (CF) لتجنب استخدام الأرقام العشرية في حالة استخدام الملليموز أو الأرقام الكبيرة في حالة الميكروموز . فالتوصيل الكهربائى ٢ ملليموز/سم أو ٢٠٠٠ ميكروموز/سم هو نفسه معامل توصيل (CF) مقداره ٢٠ . وجهاز قياس ال CF المتنقل الذى يعمل بالبطارية متاح ومتوفر تجاريا . وهذه الأجهزة صغيرة في حجم راديو الترانزستور ولها الكترود حساس يوضع في عينة المحلول المغذى (شكل رقم ٢٢) . وعند مرور التيار الكهربى من البطارية خلال المحلول يتحرك المؤشر في الجهاز على التدرج وعند ثباته فإنه يشير إلى قيمة CF للمحلول المختبر . ومن الضرورى وجود جهاز قياس CF من هذا النوع حتى في حالة استخدام وحده رصد وتحكم أوتوماتيكية للتوصيل الكهربائى لأن القياس المستقل للـ CF مطلوب كوسيلة للتأكد من كفاءة الأجهزة الأوتوماتيكية .



شكل رقم (٢٢) — جهاز قياس التوصيل الكهربائي للمحلول المغذي

جودة الماء

في بداية تشغيل وحدات الغشاء المغذي تملأ بالمحلول . ويفقد الماء باستمرار من النظام أساسيا عن طريق أوراق النبات بعملية النتح . ويجب أن يظل حجم الماء ثابتا بالاحلال الأتوماتيكي للماء المفقود . ويتم ذلك عن طريق صمام في الخزان الجامع Cetchment tank الذي يسمح بتدفق الماء إلى داخل نظام الغشاء المغذي من مصلر خارجي عند الحاجة .

ويحتوى الماء على مواد مذابة فيه تختلف طبيعتها وكميتها حسب المكان . فإذا لم يمكن إزالة هذه المواد من الماء بامتصاص النبات فما يمدل أسرع من إضافتها مع الماء (الذى يعوض النتح) ، فإن تركيزها فى الماء الدائر فى نظام الغشاء المغذى سوف يزيد حتى يصل تركيز أحد الأيونات به إلى حد ضار بنمو النبات وقد يصل إلى التركيز السام .

وكلوريد الصوديوم أحد المواد التى كثيرا ما تسبب مثل هذه المتاعب . ونحتاج معظم النباتات إلى قليل من أيون الصوديوم وقليل جدا من أيون الكلوريد للنمو . فإذا كان كلوريد الصوديوم موجودا بكثرة فى الماء المخل local water فسوف يزداد تركيزه . وقد أوضح Spenseley أن الحد الأعلى لتركيز كلوريد الصوديوم فى الماء المستخدم الذى لا يسبب ضررا هو ٣٠ جزء فى المليون غير أنه لا يوجد معلومات كافية متعلقة بهذه المشكلة . ومن الصعب بالمعلومات المتاحة حاليا أن نحكم من التحليل الكيميائى لأى ماء على صلاحية هذا الماء لنظام الغشاء المغذى . ويوضح جدول رقم ١٣ بعض المواد المذابة التى قد توجد فى ماء أحد الآبار ذى درجة حموضة (pH) = ٦,٨ ومعامل توصيل CF = ١ ومستخدَم فى الزراعة بنظام الغشاء المغذى فى آلاسكا Alaska . فتركيز المواد المذابة منخفض بحيث يمكن القول بثقة إن هذا ماء نقى ومثالى لنظام الغشاء المغذى . فمن مثل هذا التحليل لا توجد صعوبة للحكم على صلاحية الماء . فرغم عدم ملحيته إلا أنه يحتوى على كمية كافية من الزنك بحيث لا يحتاج إلى إضافة أى مزيد من الزنك إلى هذا الماء عند استخدامه فى نظام الغشاء المغذى . ويوضح جدول رقم ١٤ مثالا آخر لماء أرضى له pH يساوى ٢,٧ و CF يساوى ٨ وهو يأق من تلال جيرية Chalk hills ويستخدم فى نظام الغشاء المغذى فى إنجلترا . وأهم خواص هذا الماء احتواؤه على تركيز عال من الكالسيوم — حوالى ١٢٢ جزء فى المليون . ومع ذلك لم يسبب هذا الارتفاع فى تركيز الكالسيوم أى مشكلة فى تقنيات الغشاء المغذى . ويكفى مجتواه من الزنك (٥ جزء فى المليون) احتياجات المحاصيل من هذا العنصر بدون أى إضافة . ويحتوى البورون ٤ جزء فى المليون من المحتمل أنه يكاد

يكون كافيا ولا يحتاج إلى إضافة من البورون . وبالرغم من أن هذا الماء ليس عذبا مثل ماء الأسكا إلا أنه مناسب لتقنيات الغشاء المغذى . والماء الذي يحتوي حتى على تركيز من الكالسيوم قدره ٤٠٠ جزء في المليون أمكن استخدامه بنجاح لزراعة الطماطم والخيار في باربادوس Barbados .

جدول رقم ١٣ : التحليل الكيميائي لمياه بئر من الأسكا
(١ = CF ، ٦,٨ = pH)

المكون	التركيز (جزء في المليون)
ألومنيوم	٠,٢
بورون	صفر
كالسيوم	٦,٠
كلوريد	٨,٠
نحاس	صفر
فلوريد	١,٠
حديد	٠,٩
مغنسيوم	٦,٨
منجنيز	٠,٨
موليبدينم	صفر
نيتروجين	١,٦
فوسفور	٠,٥
بوتاسيوم	٢,٤
صوديوم	٤,٠
كبريتات	٠,٥
كبريتيت	١,٥
زنك	٠,٢

ويوضح جدول رقم ١٥ تحليل ماء أحد الينابيع (العيون) وهو ذو pH = ٧,٥ ومعامل توصيل CF = ٣٣ . إذ يحتوى على تركيز شديد الارتفاع من الصوديون (٤٦٠ جزء في المليون) ومحتوى مرتفع من المغنسيوم . ولو أن تقدير محتواه من الكلوريد ذو أهمية غير أنه حتى بدون هذا التقدير فمن الممكن القول أن هذا الماء غير ملائم لتقنيات الغشاء المغذى بدون معاملته لإزالة بعض المواد المذابة . وفي جدول رقم ١٦ موضح نتائج تحليل مياه المدينة في دبي Dubai . وعلى أى حال فالدراسات التى أجريت عن استخلام الماء الملحي في تقنيات الغشاء المغذى قليلة بحيث يصعب اعطاء رأى قاطع في هذا الشأن .

جدول رقم ١٤ : التحليل الكيميائى لماء أرض من تلال جيرية
في إنجلترا ($\gamma, \gamma = \text{pH}$, $\text{CF} = \text{A}$)

المكون	التركيز (جزء في المليون)
بورون	٠,٤
كالسيوم	١٢٢,٠
كلوريد	صفر
نحاس	٠,١
حديد	٠,٢
مغنسيوم	٨,٠
منجنيز	صفر
نيتروجين	١٢,٠
بوتاسيوم	١,٠
فوسفور	صفر
صوديوم	٢٤,٠
زنك	٠,٥

جدول رقم ١٥ : التحليل الكيميائي لماء الينابيع في الكويت
($٣٣ = CF$, $٧,٥ = PH$)

المكون	التركيز (جزء في المليون)
بورون	١
كالسيوم	١٧٥
نحاس	,١
حديد	,٥
مغنسيوم	١٩٢
منجنيز	,٢
نيتروجين	١٢
فوسفور	,٥
بوتاسيوم	١٠
صوديوم	٤٦٠
زنك	,١

وبالمعلومات المتوفرة حاليا فإنه من الصعب إبداء رأى عن صلاحية الماء ما لم يكن نقياً تماماً مثل مياه بئر ألاسكا أو غير نقي وتحليله شديد الملوحة مثل ماء العين في الكويت . وتحديد الحدود العليا المقبولة لتركيزات الأيونات المختلفة في الماء المستخدم في تقنيات الغشاء المغذى أمر ذو أهمية كبيرة خاصة بالنسبة للصوديوم والمغنسيوم والكالسيوم والزنك والكلوريد والكبريتات . ولكن هذا التحديد لا يكون بمجرد التقدير الكيميائي لأن هذه الحدود تتأثر ليس فقط بتحمل النباتات ولكن أيضا بمعدل فقد الماء عن طريق التسح ومعلوم أنه يتأثر بعوامل أخرى كثيرة مثل المناخ وأشعة الشمس وحرارة الهواء .

جدول رقم ١٦ : التحليل الكيميائي لماء المدينة في دى
(١٨ = CF ، ٧,٧ = pH)

المكون	التركيز (جزء فى المليون)
فلورين	١
صوديوم	٢٥١
بوتاسيوم	١٧
كاليوم	٥٥
مغنسيوم	٤٢
كبريتات	٢١١
كلوريد	٣٩٠
حديد	صفر
ألومنيوم	صفر
نيتروجين	,٦

التحكم فى نوعية الماء

الماء المفضل فى نظام الغشاء المغذى هو ماء المطر أو الماء المكثف من الهواء المحمل بالرطوبة . فالماء من هذين المصدرين لا يحتوى على مواد مذابة فيه . وبالتالي فلا يوجد تجمع زائد للأيونات فى نظام الغشاء المغذى NFT نتيجة لإضافات الماء لتعويض فقدته . ويمكن خلط هذا الماء النقي والذي غالبا ما يكون قليلا مع ماء أقل نقاوة لإيجاد ماء مخلوط يكون تركيز المواد الذائبة فيه مقبولا . وإذا كان بالماء المستعمل أحد المواد المذابة وكان المقدار المضاف من هذه المادة مع الماء الذى يعوض البخر — نتج أكثر مما يحتاجه النبات منها تجتمعت الزيادة من هذه المادة فى المحلول الدائر فى نظام الغشاء المغذى .

. وينصح في هذه الحالة بضخ المحلول المغذى من نظام الضخاء المغذى قبل أن يصبح التركيز ضاراً . ونظراً لقلة المعلومات حالياً فإن الطريقة الوحيدة لتحديد هذه الفترة الزمنية هي تحليل الماء للوجود وتقدير التركيز بالجزء في المليون للأيونات التالية : النيتروجين ، النحاس ، الموليدم ، الزنك ، الصوديوم ، الكلوريد والكبريتات . ومن فحص نتائج التحليل يمكن معرفة أى الأيونات من المحتمل أن يزيد تركيزها حتى يصل إلى الحد الضار . وفي هذه الحالة تتخذ الترتيبات لإجراء التحليل أسبوعياً ويوقع تركيز الأيون أو الأيونات المشتبه فيها في رسم ييأتى كلما ارتفع التركيز .

والملاحظة المستمرة للنباتات سوف تبين متى تبدو على النباتات الأعراض الأولية للضرر . فعلى سبيل المثال قد تبدأ النباتات في المعاناة بنقص معدل نموها ويبدأ لون الأوراق الأخضر العادى في التحول إلى الأخضر المزرق وتصبح الأوراق الجديدة أصفر من المعتاد . فعندما تبدأ هذه التحولات في الظهور يمكن اعتبار أن تركيز الأيون المشتبه فيه قد أصبح عالياً . وعند هذه النقطة يجب أن يضخ المحلول الدائر في نظام الـ NFT ويعاد ملء النظام بماء جديد وتضاف إليه العناصر الضرورية وإذا افترضنا أن هذه الحالة قد حدثت بعد أحد عشر أسبوع ، يعاد تفريغ النظام مرة أخرى يملأ بماء جديد بعد ١٠ أسابيع من تفريغ النظام وإعادة ملئه بماء جديد . فإذا استمر نمو النبات جيداً بعد عشرة أسابيع دل ذلك على أن التركيز الضار يتحقق بعد ١٠ - ١١ أسبوع . وبالنسبة إلى تغير الظروف المناخية ومراحل النمو فقد يتغير أيضاً معدل النتج وبالتالي معدل تزايد تركيز العنصر المشتبه فيه ولذا ينصح باستمرار توقيع التركيز مع الوقت في رسم ييأتى ومنه يعرف التركيز الذى يبدأ عنده حدوث الضرر وبذا يمكن التفريغ مستقبلاً قبل الوصول إلى هذا التركيز . والملاحظة الدقيقة والخبرة سوف تساعدان على تحديد وقت الضخ والتفريغ بدقة في الأغراض العملية .

فإذا فرضنا أن فترة الأمان الضرورية قبل عملية الضخ والتفريغ هي ٩

أسابيع وألف نظام NFT بحرى ٩٠٠٠ لتر من المحلول الدائر . فيمكن حساب معدل التفريغ الذى يمنع الوصول إلى التركيز الضار لأى عنصر . واتباع أسلوب الاستنزاف bleed-off يمنع الحاجة إلى ضخ النظام لأن المحلول الدائر سوف يستنزف باستمرار بمعدل كما هو موضح فى المثال التالى حيث يمكن احلال المحلول فى نهاية السعة أسابيع . فى هذا المثال يمكن حساب معدل الاستنزاف كما يلى :

$$\begin{aligned} \text{حجم المحلول فى النظام} &= ٩٠٠٠ \text{ لتر} \\ \text{فترة الأمان} &= ٩ \text{ أسابيع} \\ \text{معدل التفريغ الأسبوعى} &= ٩٠٠٠ \div ٩ = ١٠٠٠ \text{ لتر} \\ \text{معدل التفريغ اليومى} &= ١٠٠٠ \div ٧ = ١٤٣ \text{ لتر} \\ \text{معدل التفريغ فى الساعة} &= ١٤٣ \div ٢٤ = ٦ \text{ لتر} \\ \text{معدل التفريغ اللازم بالترات فى الدقيقة} &= \frac{٦}{٦٠} = ١, \text{ لتر} \end{aligned}$$

ويضاف أنبوبة إمداد إضافية إلى أنبوبة التدفق للمنشأة فى مكان مناسب مع وضع مشبك قلاووظ على أنبوبة الإمداد . ويضبط هذا المشبك بحيث تعطى الأنبوبة ١, لتر فى الدقيقة . وتصب الأنبوبة فى إناء محدد بخط يشير إلى حجم ١٤٣ لتر . ويفرغ هذا الإناء يوميا ويملاً كاختبار أن معدل التفريغ من الأنبوبة لم يتغير حيث أن أى انسداد جزئى يقلل معدل التدفق .

وعند عدم استخدام أسلوب الاستنزاف واتباع نظام الضخ مرة كل ٩ أسابيع فيجب العناية والتدريب على عملية التفريغ لتجنب التأثير المفاجئ لانخفاض درجة حرارة الماء المتدفق على جذور النباتات . ففى بعض المحاصيل مثل الخيار ، يؤدى الانخفاض المفاجئ فى درجة الحرارة لمنطقة الجذور إلى ذبول النباتات .

وأفضل ما ينصح به للأقلمة هو تحديد أقل حجم من المحلول الذى يكفل استمرار الضخ ودوران المحلول . فلنفرض أن هذا الحجم فى هذا المثال هو

١٠٠٠ لتر أى أنه بدون إيقاف دوران المحلول يمكن سحب ٨٠٠٠ لتر من ٩٠٠٠ من النظام . وعلى ذلك يجب أن يتم السحب بعد ٨ أسابيع وليس ٩ أسابيع لأنه ^٨ المحلول فقط هو الذى يسحب . فإذا تم ضخ ٨٠٠٠ لتر فى آخر ٩

النهار وأعيد ملء النظام خلال الليل عن طريق صمام الطفو فى الخزان الجامع فإن الأثر الضار لتغير درجة الحرارة سوف يقل فلا يحدث للخيار ذبول .

وإذا لم تتبع هذه الطريقة ووجد أن الأفضل هو تغيير كل المحلول فى النظام خلال النهار فيجب تدفئة الماء المستعمل فى ملء النظام إلى درجة حرلوة مشابهة لدرجة حرارة المحلول الدائر القديم ما لم يكون المحصول المستخدم مقاوما لتغير درجة حرارة منطقة الجنور نهرا .

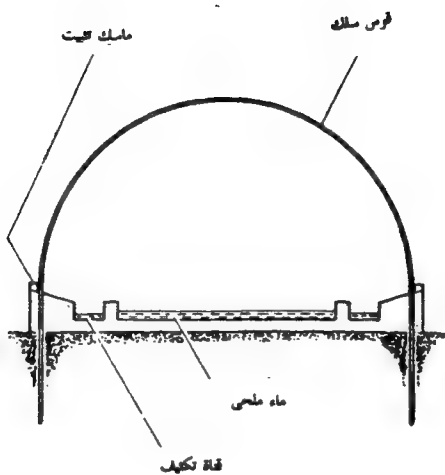
وفى كثير من الأحيان يكون من الضرورى إزالة المواد غير المرغوبة فى الماء قبل استعماله فى نظام الـ NFT ، أى يجب استخدام أى طريقة لتنقية الماء المستخدم . ويمكن الحصول على ماء نقى كما يلى :

١ - تحلية الماء الملحي

يقصد بهذه العملية التخلص من الأملاح المذابة فى الماء . والطريقة الأساسية فى ذلك هى التسخين واستقبال البخار الناتج فى مكثف حيث يتكثف البخار إلى قطرات من الماء خالية من الأملاح .

وهذه الطريقة مستخدمة فعلا خصوصا فى السفن غير أنها مكلفة لاستخدامها الطاقة البترولية أو الكهربائية ولذلك اتجهت الجهود إلى استخدام مصادر أخرى للطاقة الرخيصة مثل الطاقة الشمسية حتى يمكن استخدام الماء الناتج من عملية التقطير فى الزراعة .

وتوجد عدة طرق لإزالة المواد المذابة من الماء الملحي . وأبسط هذه الطرق هو إستخدام الطاقة الشمسية . ويوضح شكل رقم ٢٣ جهاز التقطير الشمسى . فى قاعدة الجهاز قناة مركزية عريضة تملأ بالماء الملحي . وقوس



شكل رقم (٢٣) - مقطع شمى

من السلك القوي يثبت في الأرض على مسافات من خلال فتحات في الحوائط الجانبية للقاعدة . وشريحة من غشاء البوليثين من النوع الذى لا يتلف سريعاً بالأشعة فوق البنفسجية الموجودة في أشعة الشمس (بوليثين ماص للأشعة فوق البنفسجية) يثبت فوق الأقواس وتثبت أطرافه على الحوائط الجانبية للقاعدة . وعندما تسطع الشمس فإن الماء يتبخر من الماء الملحي ويتكثف على السطح الداخلى لغشاء البوليثين الذى سبق معاملته بحيث يسمح توتره السطحي بالالتصق قطرات الماء المتكثف بغشاء البوليثين (هذه القطرات تقلل نفاذية أشعة الشمس) بل تجرى بسرعة على جانبي الغشاء من الداخل وتجمع في قنوات التكثيف في القاعدة . وهذه المياه المتكثفة تجرى في القنوات إلى أنبوبة تجميع توصل الماء إلى خزان كبير . وميزة التقطير الشمسي هي أنه بسيط وأن الطاقة المستخدمة — الطاقة الشمسية — غير مكلفة . أما عيبها فهو أن إنتاجها من الماء المقطر منخفض . وزيادة المقدار المقطر من الماء تقتضى استخدام مصادر أخرى من الطاقة مثل البترول .

وتوحد وحدات تقطير كهربائية تنتج ٥٠٠ متر مكعب من الماء في اليوم وتستهلك حوالى ١٦ كيلو وات ساعة لإنتاج ١ متر مكعب من الماء (حوالى ٤ كيلو جرام من زيت الديزل حيث تنتج الطاقة من مولد ديزل) . والفكرة الأساسية لهذه الطريقة هي توليد ضغط منخفض يؤدي إلى تبخر الماء عند درجة حرارة أقل من ٥٥°م ويجمع الماء المتكثف .

ويمكن أن تستعمل عملية التقطير لتحلية أى نوع من الماء بما في ذلك ماء البحر الذى يحتوى على حوالى ٣٢٦٠٠ جزء في المليون من المواد الذائبة . بما فيها العناصر الموضحة في جدول ١٧ بالإضافة إلى كميات قليلة من عناصر كثيرة أخرى .

جدول رقم ١٧ : التركيزات التقريبية للعناصر الأساسية
في ماء البحر

التركيز (جزء في المليون)	العنصر
,٥	نيتروجين
,٠٥	فوسفور
٣٨٠,-	بوتاسيوم
٤٠٠,-	كالسيوم
١٢٧٠,-	مغنسيوم
,٠١	حديد
,٠٠٥	منجنيز
٤,٦	يورون
,٠٤	نحاس
,٠٠١	موليدم
,٠١	زنك
١٠,٥٦٠	صوديوم
١٨,٩٨٠	كلوريد
٨٨٤,-	كبريت
٦٥,-	برومين
١٣,-	سترنشيوم
٢,-	سليكون
١,-	ألومنيوم
١,٤	فلورين
,٠٥	ايودين

كما تستخدم طريقة أخرى لتحلية للماء معتمدة على الظاهرة الأسموزية .
 فعندما يوضع غشاء شبه منفذ (يسمح بمرور المذيب ولا يسمح بمرور المواد
 المذابة) بين محلولين مختلفي التركيز ، يمر الماء (المذيب) خلال الغشاء من
 التركيز المنخفض إلى جانب التركيز المرتفع حتى يتعادل التركيز على جانبي
 الغشاء . ويوجد فرق في الضغط على جانبي الغشاء طالما كان التركيز مختلفا .
 وتعرف قيمة هذا الضغط الذي يعرف باسم الضغط الأسموزي على الفرق في
 التركيز بين المحلولين في الجانبين . فإذا زيد الضغط على جانب الغشاء ذي
 التركيز العالي والذي يكون أكبر من الضغط الأسموزي ، يتحرك الماء في الاتجاه
 المعاكس أي من التركيز الأعلى إلى التركيز المنخفض . ولأن هذا الضغط
 المبذول يعكس الحركة الأسموزية العادية عبر الغشاء اطلق على العملية
 « الأسموزية العكسية Reverse Osmosis » . ومادة الغشاء التي تستعمل عادة
 إما أن تكون خلايا السيلولوز أو أن تكون من النايلون المعروف بأنه
 Polyamide .

وتنتج كل من طريقة التقطير وطريقة الأسموزية العكسية ناتجين سائلين . إذ
 تعطي طريقة التقطير ماء نقيا وناتج آخر هو محلول ملحي مركز . وفي طريقة
 الأسموزية العكسية يوجد ناتج من الماء منزوع الأملاح منه جزئيا (يعرف بأنه
 متخلل Permeate) يحتوي على ٥ إلى ١٠٪ من تركيز الأملاح في الماء الداخل
 (الأصل) وناتج آخر من الماء عالي التركيز يعرف « بالمركز » .

وتستخدم عملية نزع الأيونات من الماء أيضا في تحلية الماء . ففي عملية
 التقطير يزال الماء من المواد المذابة أما في طريقة نزع الأيونات فإن المواد المذابة
 هي التي تزال من الماء . وهذا يتم باستخدام أعمدة تحتوي راتنجات قادرة على
 ادمصاص (١) الأيونات . ويوجد نوعان من هذه الأعمدة . النوع الأول يحتوي
 راتنجات مشبعة بأيونات الهيدروجين ($\text{Re}^+ \text{H}^+$) والنوع الثاني من الأعمدة
 يحتوي راتنجات مشبعة بأيونات الهيدروكسيل ($\text{Re}^- \text{OH}^-$) . فإذا احتوى
 الماء على سبيل المثال على كمية كبيرة من كلوريد الصوديوم (Na Cl) فإن الماء

(١) ادمصاص الأيونات هو ارتباطها بسطح الجسم اللامع فلا تتحرك مع الماء .

يمرر أولاً خلال عمود الهيدروجين الذى يمسك بأيونات الصوديوم بدلا من أيونات الهيدروجين التى تنفصل عن سطح المادة الماصة ثم بعد ذلك يمرر الماء خلال عمود الهيدروكسيل الذى يحتفظ بالكلوريد بدلا من الهيدروكسيل ، أى يتقل كلوريد الصوديوم — بشقيه — من الماء إلى الأعمدة بالتبادل الأيونى . وبذا يتخلص الماء من كلوريد الصوديوم أما الهيدروجين والهيدروكسيل فيكونان ماء كما يتبين ذلك من المعادلات الآتية :



وأيونات الكلوريد سوف يحل محلها أيونات الهيدروكسيل كما فى المعادلة التالية :

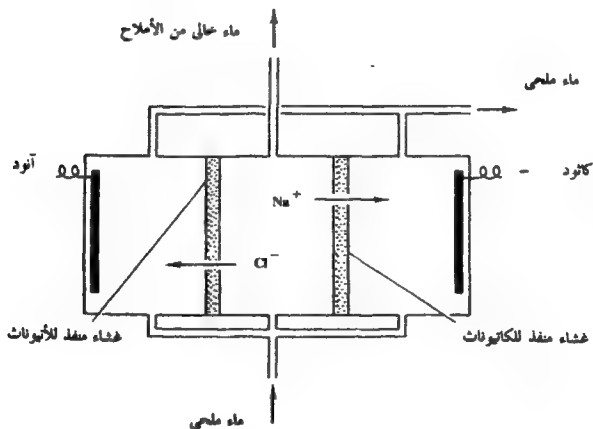


والهيدروجين والهيدروكسيل يتحدان مع بعضهما لتكوين الماء كما يتضح من المعادلة :



وعند شغل جميع مواقع الهيدروجين والهيدروكسيل على سطوح راتنجيات كل من العمودين تقف عملية التحلية وفى هذه الحالة يقال أن العمود أصبح منهك exhausted . ويمكن تنشيطه مرة أخرى بإمرار محلول متوسط التركيز من حامض أو قلوى خلال العمود المناسب . وهذا سوف يزيل الصوديوم وأى كاتيون آخر من أحد العمودين والكلوريد وأى أنيون آخر من العمود الثانى وإحلال الهيدروجين والهيدروكسيل محلها على الترتيب . وبذلك يمكن إمرار الماء للتحلية على الأعمدة مرة أخرى وهكذا . وجهاز التبادل الأيونى ينتج نحو ٩٠٠٠ لتر فى الساعة . وتكاليف عملية التحلية تتناسب مباشرة مع تركيز المواد المذابة فى الماء ، ومن الممكن اجراء هذه الطريقة إذا كان تركيز المواد المذابة أقل من ٨٠٠ جزء فى المليون .

وهناك طريقة أخرى لتحلية المياه وهي طريقة **الانحلال الكهربائي** . ويقصد بها فصل المواد للذابة في المحلول الذي يستخدم فيها غشاء « اختياري » يسمح بمرور نوع واحد من المذاب خلاله ولا يسمح لنوع آخر . والانحلال الكهربائي هو الظاهرة التي تحدث عندما يمر تيار كهربائي خلال محلول مائي . والموصل الذي يغمر في المحلول والذي يوصل التيار الكهربائي في المحلول يعرف باسم **الأنود Anode** والموصل الذي يحمل التيار خارج المحلول يعرف باسم **الكاثود Cathode** . والمحلول (الالكتروليت) يحمل التيار الكهربائي من الأنود إلى الكاثود . فعندما يمر التيار تتحرك الأيونات ذات الشحنة الموجبة خلال الماء إلى الكاثود وتتجه الأيونات سالبة الشحنة إلى الأنود .



شكل رقم (٢٤) - وحدة التحلل الكهربائي لتحلية المياه

ويُعبّر اصطلاحاً اليكترودياليزس *Electrodialysis* أو الانحلال الكهربائي عن عمليتي توصيل التيار الكهربائي وانتقال الأيونات ذات الشحنات الموجبة والسالبة . وقد أمكن استخدام هذه الظاهرة في تحلية المياه كما هو موضح بشكل رقم ٢٤ . فالماء الملحي يدخل إلى خزان التحلية وهو عبارة عن خلية كهربائية ذات أنود وكاثود في طرفي الخزان . وينقسم الخزان إلى ثلاثة أجزاء بغشائين لهما خاصية مرور اختيارية للأيونات ، أحدهما منفذ للأيونات والآخر منفذ للكاثيونات . وعندما يمر التيار الكهربائي تتحرك الكاثيونات إلى الكاثود وأنيونات تتحرك إلى الأنود (كما هو موضح بالشكل بالصوديوم والكلوريد على الترتيب) . ويترك الماء الخالي من الأملاح في القسم الأوسط من الخزان نتيجة لوجود الغشائين .

ويتضح مما سبق أنه يمكن تحلية الماء اما بالتقطير أو بعكس الاسموزية أو نزع الأيونات باستخدام مواد تبادلية أو بالانحلال الكهربائي . ويتحدد إختيار الطريقة التي تستخدم في نظام الغشاء المغذي بالمناطق التي يكون فيها تحلية الماء أمراً ضروريا نتيجة الظروف الاقتصادية السائدة في المنطقة ولو أنه توجد عوامل تقنية أخرى مثل درجة ملوحة الماء الملحي ومعدل التدفق المطلوب من الماء العذب تؤثر أيضا على إختيار الطريقة .

٢ - تجميع ماء المطر

تعتبر الوحدات الكبيرة من الصوب وسيلة هامة لتجميع الأمطار . فسطح الصوبة يوفر مساحة تجميع كبيرة لجمع ماء المطر عليها ويمكن بسهولة توجيهه إلى خزان .

وأبسط طريقة لعمل الخزان هو حفر حفره كبيرة على هيئة مستطيل في الأرض ووضع ناتج الحفر على جانبي الحفرة لعمل جدار مائل بنسبة ٣ : ١ . ويجب أن يجهز الخزان بغشاء بوليثلين أسود بسمك ٢٥ ، مم لمنع نفاذ الماء . ومعروف أن البوليثلين مأمون ولا يسبب أي آثار سامة للمحاصيل المزروعة

ينظم الغشاء المغذى . ويفضل الغشاء الأسود عن الشفاف لأن الشفاف أقل مقاومة للتحلل والتلف بواسطة الأشعة فوق البنفسجية في ضوء الشمس . وتوضع شرائح البلاستيك بعد تنعيم القاع والجدران وتثبت في مكانها ضد حركة الرياح بأكياس من البوليثلين مملوءة بالرمل أو التربة . وبعد ذلك تعالج أى ثقوب بشرائح لاصقة . ويغطى البوليثلين الذى على قاع الخزان بالرمل أو التربة بسمك ٥ سم . كما تغطى الجوانب المائلة بطبقة عمقها حوالى ٢٥ سم .

والمياه المخزنة في هذا الخزان عذبة ومن أفضل ما يستخدم في الزراعة بتقنيات الغشاء المغذى . ويمكن عمل هذه الخزانات لتجميع مياه الأمطار وتخزينها لاستخدامها في الزراعة ينظم الغشاء المغذى بدون استخدام الصوب متى توفر أى سطح جامع Catchment Surface .

ضبط التوصيل الكهربائي

تحتاج أغلب الحاصلات النامية في نظم الغشاء المغذى لمحلل مغذ لا يقل توصيله CF عن ٢٠ . وإذا كان ضبط ال CF للمحلل يدويا فيجب قياسه يوميا . فالمحصول يستفد العناصر من المحلول المغذى وبالتالي ينخفض توصيله الكهربائي . وعندما ينخفض ال CF عن ٢٠ يجب إضافة كمية كافية من العناصر المغذية للمحلل لرفع ال CF إلى قيمة تقترب من ٣٠ . ويمكن إضافة هذه العناصر للمحلل في صورة صلبة أو كمحلل مركز . أما إذا استخدم جهاز تحكم أوتوماتيكي فإن الجهاز سوف يظهر باستمرار التوصيل الكهربائي ويقوم أوتوماتيكيا — بمحقن المحلول المركز للحفاظ على قراءة التوصيل الكهربائي للمحلل المغذى كما سجلت في جهاز التحكم . ولأغلب نظم الغشاء المغذى فإن هذه القيمة (CF) يجب أن تكون ٢٥ (٢,٥ ملليموز أو ٢٥٠٠ ميكروموز) . وقد أوضحت الاختبارات إمكانية الاعتماد على ضبط رقم ال CF أوتوماتيكيا .

التحكم الأتوماتيكي لـ pH و CF المحلول المغذى

يوجد أنظمة تحكم تجارية متاحة لتقنية الغشاء المغذى فتقدر باستمرار رقم ال pH و CF المحلول وتحقق أوتوماتيكيا الحامض والعناصر في المحلول الغذائي الدائر لتوصيل ال pH و CF إلى القيم التي تم ضبط جهاز التحكم عليها . ويوضع الجبس الذي يقيس ال pH والجبس الآخر الذي يقيس ال CF في المحلول الغذائي الدائر . فخرصدان باستمرار قيمتي pH و CF للمحلل ويرسلان تيارا كهربائيا يتناسب مع قيم كل من pH ، CF المحلول إلى لوحة جهاز التحكم حيث يوجد مقياس كل من ال pH و CF . فتعطي هذه المقاييس قيمتين مرئيتين لـ pH و CF المحلول الدائر الغذائي . كما يتضح أيضا على لوحة التحكم قيمتي ال pH ، CF المرغوبتين (٦ ، ٢٥ على الترتيب) . ويحقن الحامض أو القاعدة والعناصر الغذائية أوتوماتيكيا في المحلول استجابة للمجسات للوصول إلى القيم المطلوبة .

والتحكم الذاتي الكامل مكلف غير أن أجهزة التحكم نصف الذاتية أرخص ثمتا . وفي هذه التحكمات نصف الذاتية يكون معدل الحقن ثابتا . ويحدد معدل الحقن يدويا بالضبط الدقيق . ويحدد المعدل المطلوب يدويا بقياس الـ pH ، CF وعمل ضبط لمعدل الحقن حتى نحصل على قيم الـ pH و CF المرغوبة تقريبا . ومن الضروري التأكد من أن خزانات امداد الحامض والمحلل الغذائي المركز الأصلي مملوءه بحجم مناسب . ويضبط جهاز التحكم نصف الذاتي بحيث يعمل كل ٢٤ ساعة ولو أنه قد يضاف إليه كرونومتر يُشغل الجهاز كل ساعة لنضمن ضبطا دقيقا ، وبذلك يمكن وضع برنامج بحيث يعمل جهاز التحكم لمدة خمس دقائق كل ٢٤ دقيقة خلال ساعات الضوء (النهار) فقط وكذا يمكن أن يضبط معدل الحقن ليم خلال مدة الخمس دقائق بحيث لا يتلف المحصول إذا لم يكن صلبا للسولينويد محكما .

ومن الأهمية بمكان الا يسمح بأن ترتفع قيمة pH المحلول عن ٦,٥ حتى لو كان ذلك لفترة قصيرة سواء استخدمنا الطريقة اليدوية أو الأتوماتيكية أو نصف الأتوماتيكية . ولقد اختبر G. Benians بوزارة الزراعة في شمال ايرلندا تأثير الـ pH على الترسيب في المحلول المستخدم لتغذية الطماطم فوجد أن الترسيب يبدأ عند pH ٦,٩ . وعند pH ٧,٤ حدث فقد لبعض الكالسيوم والفوسفور . ولو أن هذا لم يكن كافيا للإضرار بالمحصول . كما حدث أيضا نقص واضح في الحديد من ١٢ إلى ٢,٥ جزء في المليون وفي المنجنيز من ٢,٢ إلى ٠,٤ جزء في المليون . وعموما يجب تجنب ارتفاع في الـ pH فوق ٦,٥ .

دوران المحلول المغذى

من الضروري أن يكون المحلول في حالة دوران باستمرار ، ويمكن وضع مفتاح ضغط قرب نهاية أنبوبة توصيل المحلول أى بعيدا عن المضخة فإذا انخفض الضغط في الأنبوبة نتيجة لعدم دوران المحلول أدى ذلك إلى تشغيل جرس التنبيه ، ويمكن أيضا أن يقوم مفتاح الضغط بتشغيل تسجيل تليفونى للانذار .
وعدم دوران المحلول يمكن أن يحدث نتيجة الآتى :

١ — التصاق الصمام العام الذى يسمح بدخول المحلول ليعوض المحلول الخارج من الخزان في وضع مغلق ، ويستمر النبات في التتح من خلال أوراقه حتى يخلو الجهاز من الماء ، ويمكن ملاحظة أن لون النباتات النامية تحت هذه الظروف يتحول إلى الأخضر الفاتق مثل تلك النامية في ظروف ملحية .

٢ — وتوقف دوران المحلول يمكن أن يحدث أيضا نتيجة انسداد أو ثقب في السمكة ويتوقف الضرر الناتج على موقع التلف ، وإذا كان مفتاح الضغط قرب نهاية أنبوبة المحلول فإنه يشغل جرس التنبيه بصرف النظر عن موقع العيب .

٣ — تعطل المضخة ، ووضع مفتاح الضغط في أنبوبة المحلول يعطى تنبيها مبكرا ليعطل المضخة . وتجهيز النظام بمضختين أحدهما شغالة والأخرى احتياطية تعمل ذاتيا بمجرد تعطل الأخرى أمر ضرورى ، ويحسن وجود مفتاح يوقف المضخة الشغالة ويشغل الاحتياطية بالتبادل أسبوعيا حتى نضمن أن المضخة الاحتياطية تكون في حالة صالحة للعمل ويحتفظ بمضخة نائمة بالخزان لتحل محل المضخة المعطلة .

٤ — انقطاع التيار الكهربائى ، ومن الضروري أن يحتفظ بمولد احتياطى يعمل ذاتيا (أوتوماتيكى) بمجرد انقطاع التيار مع نظام لتشغيل جهاز التنبيه ، وفى حالة معدل تدفق للمحلول لا يزيد عن ٥ لتر / دقيقة يمكن الاعتماد على مضخة احتياطية تعمل بطارية ١٢ فولت واستهلاك ١,٥ أمبير ويمكن تجهيز

خزان المحلول بمفتاح يقوم بتشغيل هذه المضخة مباشرة بمجرد انقطاع التيار ،
وإذا وصلت البطارية بجهاز شحن ضمن ذلك وجود طاقة لتشغيل المضخة في
حالات انقطاع التيار .

تأثر حرارة الجو بمنطقة ما بعدد من العوامل :

— خط عرض المنطقة ، فالمنطقة الإستوائية لا تحتاج الى تدفئة — بوجه
عام — بينما المناطق الشمالية أو الجنوبية يمكن أن تحتاج الى تدفئة كلما بعدت
المنطقة عن خط الاستواء .

— ارتفاع المنطقة ، فكلما ارتفعت انخفضت درجة الحرارة .

— وقوع المنطقة على شاطئ البحر ، فهبوب الرياح (نسيم البر والبحر)
يعمل على خفض درجة الحرارة ، وتقليل الفرق بين درجات حرارة الليل
والنهار ، بعكس الظروف القارية التي تتميز بالفروق الكبيرة بين درجات
حرارة الفصول وحرارة الليل والنهار .

— طبوغرافية المنطقة ، مثل وجود مرتفعات تحميها من الرياح الباردة أو
تعكس إليها حرارة الشمس .

— سرعة الرياح واتجاهها .

— طول فترة سطوع الشمس .

وعندما يتعرض النبات لمصدر حرارى يحدث للأشعة الحرارية واحدة أو
أكثر من العمليات الآتية : الإنعكاس ، الحمل ، الإمتصاص ، التوصيل وإعادة
الأشعاع أو تستخلم في تبخير الماء (يحتاج كل ١ جم من الماء الى ٥٠٠
كالورى ليتبخر) .

ومن الواضح أن امتصاص النبات للحرارة يرفع درجة حرارته حتى يصل
الى حالة الاتزان وتصبح درجة حرارة النبات الجديدة أعلى مما كانت ، ويحدد
هذه الدرجة الجديدة مايتأتى :

— مقدار الطاقة الحرارية التي يعيد النبات اشعاعها ، ويتوقف هذا المقدار
على الفرق بين درجتى حرارة النبات والهواء والأشياء المحيطة به .

— فقد النبات للحرارة نتيجة عمليتي التوصيل والحمل ، وذلك بمرور تيار من الهواء على سطح الأوراق النافثة ، وكلما زادت حركة الهواء زاد أيضا توصيل الحرارة ونقلها حتى تقترب درجة حرارة النبات من درجة حرارة الهواء . وإذا كانت درجة حرارة الهواء أعلى من درجة حرارة النبات ينعكس إتجاه سريان الحرارة ويصبح من الهواء الى النبات لترتفع درجة حرارته .

— تعتبر الطاقة الحرارية المستخدمة في عمليات التخليق الضوئي الكيميائي مثل التمثيل الكلوروفيل ، ضئيلة ويمكن إهمالها عند حساب ميزان الطاقة في الحاصلات النامية .

— يستخدم نحو ٧٠٪—٩٠٪ من مقدار الحرارة الذي يمتصه النبات من أشعة الشمس في تبخير الماء منه .

تتأثر درجة حرارة النبات عند الوصول الى حالة الاتزان بقدرة النبات على اختزان الحرارة ، ولذا فإن درجة الحرارة في الأوراق الرقيقة تتغير أسرع من تغيرها في الأوراق السميكة أو البراعم الزهرية أو أعضاء التخزين عندما يحدث تغير في درجة حرارة البيئة المحيطة بالنبات .

وتؤثر الحرارة في جميع العمليات الفسيولوجية والكيميائية التي تحدث بالنباتات ، وفي مدى الحرارة المحددة الذي تنمو فيه النباتات تتضاعف العمليات الكيميائية كل ١٠°م درجة مئوية ترفعها درجات الحرارة . ويزداد معدل التنفس والتمثيل الكلوروفيل بصفة مستمرة بارتفاع درجات الحرارة ، ولو أن مقدار ثاني أكسيد الكربون الموجود والطاقة الضوئية هما المحددان للتمثيل الكلوروفيل وليس درجة الحرارة . وباعتبار أن التنفس هو استهلاك لمنتجات التمثيل الضوئي فارتفاع درجة الحرارة الذي يزيد التنفس قد يؤدي الى نقص محتوى النبات من السكر وضعف النبات .

وزيادة معدل التمثيل الضوئي عن معدل التنفس تؤدي الى النمو ، أما اذا تساويا — التمثيل الضوئي والتنفس — يتوقف النمو . ويضعف النبات وقد يموت بمضي الوقت إذا زاد معدل التنفس عن التمثيل الكلوروفيل . ولضمان تفوق التمثيل الضوئي على التنفس تنمى النباتات في وسيط يميل الى البرودة ليلا لخفض التنفس والى الحرارة نهارا لتشجيع التمثيل الضوئي .

وفي حالة وجود قنوات الغشاء المغذى في داخل الصوبة تضبط درجة حرارة الصوبة بحيث تزيد ٥-١٠°م في النهار عنها في الليل في الأيام الغائمة ونحو ١٥°م في الأيام الصحو ، وإذا حقن ثاني اوكسيد الكربون فيحسن أن تزداد درجة حرارة النهار عن الليل بنحو ٥°م درجات اخرى .

وتؤثر الحرارة على عملية النتح ، فارتفاع درجة حرارة الورقة يزيد ضغط بخار الماء داخلها ، فإذا ظل ضغط بخار الماء خارج الورقة دون زيادة يسرع معدل النتح ، وبرودة المحلول المغذى تبطئ امتصاص الماء ونمو الجنور وقد يتوقف نمو النبات بصرف النظر عن درجة حرارة الهواء .

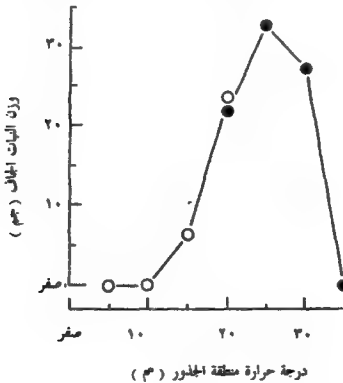
وتؤثر درجة الحرارة على استطالة النبات ، ففي درجة ٢٠°م ليلا يستطيل الجذر بمقدار ١٥ م/يوم بينما تكون استطالة الساق ٢٥ م/يوم .

حرارة المحلول المغذى الدائر

للزراعة بنظام الـ NFT ميزة هامة وهي أنها توفر الوسيلة لانتاج محاصيل على نطاق كبير للتحكم في بيئة الجنور بدقة أكثر مما هو موجود في الزراعة العادية . وقد أمكن التحكم بنظام الغشاء المغذى في درجة حرارة منطقة الجنور . ففي الزراعة العادية تقبل حرارة التربة السائدة كما هي فلا نستطيع عمل شيء كثير للتأثير عليها ، أما في نظام الغشاء المغذى فيمكن التحكم فيها عن طريق التحكم في درجة حرارة الماء الدائر . وتكائيف هذه السيطرة هي العامل الأساسي .

ولدراسة استجابة النبات لحرارة المحلول ، استخدم كوبر غرف نمو ذات بيئة محكمة وهواء درجة حرارته ٢٠°م لدراسة تأثير حرارة المحلول الدائر على نمو نباتات الطماطم الصغيرة في تجربتين . في التجربة الأولى كانت درجة حرارة المحلول ٥ ، ١٠ ، ١٥ ، ٢٠°م قد ثبتت خلال النهار والليل ، وفي التجربة الثانية كانت درجات الحرارة ٢٠ ، ٢٥ ، ٣٠ ، ٣٥°م . وقدر نمو النباتات بوزنه الجاف بعد فترات زمنية عرفت . والنتائج موضحة في شكل رقم ٢٥ . وكانت درجة الحرارة ٢٠°م للمحلول مشتركة في التجريتين ، ويتضح من شكل رقم ٢٥ أن دقة التجربة كافية ، ولذلك أمكن دمج نتائج

التجربتين في منحنى استجابة واحد يوضح التغير في درجة الحرارة من ٥ إلى ٣٥ م° . وكانت درجة الحرارة المثلى لمنطقة الجذور بين ٢٥ و ٣٠ م° . ومن منحنى الاستجابة يتضح أنه من المحتمل أن الدرجة المثلى كانت بين ٢٦ ، ٢٧ م° . ولمعرفة ما اذا كانت للدرجة حرارة المحلول أثر على امتصاص العناصر ، قدر محتوى النبات من النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم وكان أعلى امتصاص Uptake متوافقا مع أعظم نمو حدث عند ٢٥ م° . ولكن هذا لا يثبت أن الزيادة في النمو ترجع الى زيادة الكمية الممتصة ، ولكن الزيادة في الكمية الممتصة من العناصر قد تكون نتيجة لزيادة النمو . ولأجل تحديد ما اذا كان التأثير على امتصاص العناصر مستقلا عن التأثير على معدل النمو فقد تم تقدير نسبة النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم في النباتات والنتائج موضحة في جدول رقم ١٨ . ويمكن أن نرى من جدول رقم ١٨ أن منحنى النمو في شكل رقم ٢٥ لا يمكن تفسيره على أساس تركيز العناصر في أنسجة النبات . فلا يوجد علاقة بين حرارة منطقة الجذور ومحتوى النيتروجين . إذ كانت نسبة النيتروجين ٤٪ بصرف النظر عن درجة حرارة منطقة الجذور . وقد يكون



شكل رقم (٢٥) : العلاقة بين نمو النبات وحرارة منطقة الجذور

الانخفاض المحسوس في النمو عند ١٥°م راجعا الى الانخفاض في محتوى البوتاسيوم والفوسفور عند هذه الدرجة المنخفضة . ومع ذلك فإن شكل منحنى الإستجابة أعلى من ١٥°م في شكل رقم ٢٥ لا يمكن ارتباطه بالفرق في نسبة الفوسفور والبوتاسيوم في أنسجة النبات لأنه من جدول رقم ١٨ يمكن أن نرى أنه لا يوجد فرق حقيقى . وكان لحرارة منطقة الجنور تأثير قليل على نسبة الفوسفور والبوتاسيوم في النبات بين درجتى حرارة ٢٠ ، ٣٠°م .

وبسبب عدم القدرة عمليا على التحكم في حرارة منطقة الجنور في الزراعة العادية لم تحدد الحرارة المثلى لكثير من المحاصيل . وأغلب المحاصيل التى عرفت درجة الحرارة المثلى لنمو جنورها من معرفة أوزان نموها الخضرى بدون الجنور موضح في جدول رقم ١٩ . ويمكن أن نرى أن كل درجات الحرارة المثلى لمنطقة الجنور تكون بين ٢٠ ، ٣٠°م . فعند زراعة محصول لا تعرف درجة الحرارة المثلى لمنطقة جنوره ، يمكن اعتبار أن هذه الدرجة المثلى ٢٥°م كافتراض أولى معقول .

ونحن لا نعرف كثيرا عما اذا كان من الضرورى أن تثبت درجة حرارة منطقة الجنور ليلا ونهارا أو أن حرارة الليل يجب أن تختلف عن حرارة النهار . وقد قام كوبر Cooper بتنمية نباتات الطماطم في محلول غذائى دائرى في بيئة متحكم فيها وعند درجة حرارة ثابتة (٢٠°م) في النهار والليل على أساس ١٢ ساعة نهارا و ١٢ ساعة ليل . وكان درجات الحرارة في منطقة الجنور هى :

- (١) ٣٠°م في النهار و ١٥°م في الليل .
- (٢) ١٥°م في النهار و ٣٠°م في الليل .
- (٣) ٢٢,٥°م في النهار والليل .

وأعيدت التجربة مع محلول غذائى دائرى عند درجات الحرارة التالية :

- (١) ٣٠°م في النهار و ١٠°م في الليل .
- (٢) ١٠°م في النهار و ٣٠°م في الليل .
- (٣) ٢٠°م في النهار والليل .

جدول رقم ١٨ : علاقة محتوى النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم
في أنسجة نبات الطماطم بدرجات حرارة المحلول الدائر

درجة حرارة منطقة الجذور (م)	نسبة النيتروجين	نسبة الفوسفور	نسبة البوتاسيوم
١٥	٣,٨	٥٢ر	٤,٠
٢٠	٤,٤	٧٧ر	٤,٨
٢٥	٣,٨	٧١ر	٤,٦
٣٠	٤,١	٧٠ر	٤,٩

جدول رقم ١٩ : درجة حرارة منطقة الجذور المثلى (م °)
لبعض اشخاصيل

درجة الحرارة (م °)	المحصول	درجة الحرارة (م °)	المحصول
١٩	الورد البلدى	٢٥	فول الصويا
٢٠	الشعير	٢٥	الفول الرومى
٢١	الجواويل	٢٧	الطماطم
٢٢	البيلة	٢٨	الدخان
٢٥	القراولة	٢٨	الأرز
٢٥	الكتان	٢٩	الخيار
٢٥	الفاصوليا	٣٠	البنفرة

وبعد فترات زمنية محددة قد قيم التأثير على نمو النبات بتقدير الوزن الجاف للنبات . والنتائج موضحة في جدول رقم ٢٠ . ويتضح من الجدول أنه عندما ترتفع درجة حرارة منطقة الجنور خلال الليل عنها خلال النهار ينقص النمو . وبارتفاع حرارة النهار عن حرارة الليل يقل التأثير بالمقارنة بالحرارة الثابتة . فمثلا عندما كانت الحرارة (١٠ ، ٣٠) و (٢٠ ، ٢٠) كان الوزن الجاف للنبات ١١ ، ١٢ جرام على الترتيب بينما الدرجات (٣٠ ، ١٥) و (٢٢,٥ ، ٢٢,٥) أعطت وزنا جافا ٢٤ ، ٢٢ جرام على الترتيب . وعلى ذلك فيمكن القول إن حرارة المحلول الدائر يجب أن تحفظ متساوية خلال النهار والليل وتكون قريبة من درجة الحرارة المثلى لحرارة منطقة الجنور .

جدول رقم (٢٠) تأثير تغيرات درجة حرارة المحلول الدائر خلال الليل والنهار على وزن النبات الجاف

وزن النبات الاف (جم)	درجة حرارة الليل (م)	درجة حرارة النهار (م)
٢٤	١٥	٣٠
١٨	٣٠	١٥
٢٢	٢٢,٥	٢٢,٥
١١	١٠	-
٦	٣٠	١٠
١٢	٢٠	٢٠

درجات الحرارة المثلى :

كثيرا ما يتردد أن لكل نبات درجة حرارة مثلى اذا زادت درجة حرارة الجو عنها او نقصت تأثر المحصول وأدى ذلك الى تكوين جداول توضح هذه الدرجات المثلى لمختلف النباتات (جدول ٢١) .

ونوجه النظر الى النقاط الآتية :

— تحتاج أغلب النباتات الى درجات حرارة فى النهار تختلف عنها فى الليل وقد سبق أن أوضحنا ذلك ، على أن النباتات الاستوائية تتميز بنمو أفضل فى درجات حرارة لا تختلف فى الليل عنها فى النهار .

— تختلف درجات الحرارة « المثلى » باختلاف فصول السنة واختلاف المواقع .

— تختلف هذه الدرجات أيضا باختلاف طور نمو النبات وعمره .

— لكل عملية نمو مثل النبات وتكوين الجنور أو ظهور الأوراق أو تكون الأصيل .. درجة حرارة مثلى خاصة بها .

— تختلف هذه الدرجات أيضا حسب الهدف الذى يرغب الزارع فى تحقيقه .

ولما كان جدول ٢١ يحتوى بعض نباتات الزينة والخضر نتيجة دراسات فى ظروف تختلف عن الظروف المصرية رأينا أن نستكمل هذا الموضوع من دراسات بعض الباحثين المصريين ، لبعض الحاصلات المصرية كما يلى :

الخيار (١) قمر (١٩٨٧)

درجات الحرارة والرطوبة الواجب توافرها بالصوب البلاستيكية أثناء نمو الخيار :

فترة النمو	نهارا مشمس م°	غائم م°	ليلا م°	رطوبة %	رطوبة التربة
من شتل حتى الأزهار	٢٥—٢٢	٢٢—٢٠	١٥—١٨	٨٠—٩٠	٧٠—٨٠
من العقد وتكوين الثمار	٢٦—٢٤	٢٤—٢٥	١٥—١٨	٨٠—٩٠	٩٠

الحرارة الملائمة حتى الأنبات ٢٠-٢٥°م
تنخفض بعد الأنبات مباشرة وقبل تكوين الورقة الحقيقية الى ١٥-١٨°م
لمدة ٤-٥ يوم . ثم ترفع الحرارة تدريجيا الى ٢٣-٢٥°م نهارا في الجو
المشمس و ١٧-٢٠°م في الجو الغائم - ليلا ١٣-١٥°م .

(٢) جعفر (١٩٨٧)

حرارة الأنبات ١٥°م
مثلى ٣٠-٣٥°م
حرارة التربة ١٥°م
أثناء النهار ٢٠-٢٣°م ليلا ١٦-٢٠°م

القياون (الكانتالوب) Muskmelon

قمر (١٩٨٧)

درجة الحرارة الملائمة للأنبات للحصول على الشتلات ٢٥-٣٠°م تنخفض
بعد أمال الأنبات الى ١٨-٢٠°م مدة ٤-٥ يوم ثم ترفع بعدها الى ٢٠-٢٥
نهارا ، ١٧-١٨ ليلا طوال المدة اللازمة لإنتاج الشتلات .
أثناء غو الأزهار ٢٥-٢٧°م تزداد الى ٣٠°م أثناء العقد لا تتجاوز الحرارة
١٥°م ليلا .

الشمام (جعفر ١٩٨٧)

للأنبات ١٨-٢٤
للنمو يتوقف ١٩°م يفضل ١٨-٢٤°م
للتلقيح لا يفتح كيس اللقاح الا اذا كانت الحرارة ١٨°م
اذ يجب أن تكون الحرارة ٢٠-٢١°م وقت تفتح الأزهار المذكرة .

الفلفل (١) قمر

أفضل درجة حرارة للنمو والمحصول ٢١-٢٧°م

(٢) خلف الله وآخرون (١٩٨٦)

أوفق مدى حرارة ٢١,١-٢٦,٦°م

الباذنجان (١) خلف الله وآخرون (١٩٨٦)

لا يزرع حتى يصل متوسط درجة الحرارة اليومية ١٨,٢—٢١,١°م

(٢) جعفر (١٩٨٧)

مثل الشمع

الطماطم (١) خلف الله وآخرون (١٩٨٦)

أوفى مدى حرارة ٢١—٣٢°م

٣٦°م يقف النمو

٢٦°م سقوط الأزهار

٢٤°م ملائم لعقد الثمار . العامل المحدد لعقد الثمار

هو درجة حرارة الليل .

١٥—٢٠°م مدى الحرارة المثلى

(٢) جعفر (١٩٨٧)

للأنبات ٢٠—٢٥°م

للتلقيح وعقد الثمار ١٦—٢٥°م

نمو المجموع الجنزى ١٨—٢٠°م نهارا

١٥—١٦°م ليلا

١٠°م متوقف النمو الحضرى

٢٥—٢٧°م يجب التهوية عند

(٣) قمر (١٩٨٧)

درجة الحرارة الواجب توافرها داخل البيوت البلاستيكية أثناء زراعة

الطماطم :

فترة النمو نهار مشمس نهار غائم ليلا

الحريف (نوفمبر/ديسمبر) ٢٤—٢٦ ٢٠—٢٢ ٣—١٦

الشتاء (ديسمبر/فبراير) ٢٢—٢٤ ١٨—٢٠ ١٢—١٤

ربيع مارس حتى نهاية الموسم ٢٦—٢٨ ٢٠—٢٢ ١٥—١٧

جدول رقم (٢١)
درجات الحرارة : المثلث ، لنباتات الصوب
(Hanan et al 1987)

مرجع	ملاحظات	درجة الحرارة		نباتات الزينة النبات
		ليلا	نهارا	
Ball 1975	درجة الحرارة للأصول	١٠	١٥-١٣	الأستر
Larson 1975	درجة حرارة بيئة النمو والهواء	١٠		الأزاليا
Larson 1975	١٣ م للنمو الخضري	١٥	٢٧-١٧	
Love Criley	أكثر الأصناف ١٨ م أو أعلى لبدء	١٣ (١٨-١٣)	٢٦-١٨	
1975	التزهير وبعضها عند ١٦ م تتأثر بالضوء ومنظمات النمو .	١٨-١٦	١٨-١٦	
	أعلى في النهار ذي الغيوم بمقدار ٣-٥ م	١٦-١٠		نباتات المرقد
Dietz 1976	أعلى في النهار الصحو بمقدار ٥ م أنبات المستوديا والكوليوس - والفلوكس - والفريينا .		١٨	
	درجات النهار الزيادة عن درجات الليل للأيام المنجمة أو الصحو - الأستر - البجونا - التوريا - الكوليوس - الحرانيم - البيونيا .	١٦-١٠	٥-٣	
Dietz 1976	درجة مثلى ليلا حتى تنقل - الأستر -	١٦		

تابع جدول (٢١)

مرجع	ملاحظات	درجة الحرارة		نباتات الزينة النبات
		ليلا	نهارا	
Holley 1971	البلم - الكوليوس - الجيرانيوم - البتونيا - السالفيا - المريتا - الزينيا. للنباتات بالتربة دفيء حتى ١٧ ويرد عند درجة حرار النهار العليا.	١٠	١٩-١٨، ١٦	القرنفل
Holley 1971	نباتات بالتربة مع إضافة دفيء حتى ١٨ ويرد عند درجة حرارة النهار العليا .	١٢-١١	٢١-١٩، ١٧	
Holly 1971	نباتات في بيئات خاملة مع دفيء، حتى ١٨ ويرد عند درجة حرارة النهار العليا .	١٣-١٢	٢٢-٢١، ١٨	
Ball 1975	الحد الأدنى ليلا والحد الأقصى نهارا	١٦	١٨	كريزانثيم
Ball 1975	الدرجة العسرى نهارا للأيام المفيدة والعليا للمصحو - كرهيزانثيم في القصارى	١٧	٢١-١٨-١٧	
Hastings	١٨ للنمو السريع حتى ٢١ ١٦ لوقف النمو			نباتات
	لمدة ١٠ أيام لاسراع تكون البراعم الزهرية	٣٢ ٩		الأفيس
	حرارة اختبار النبات تتوقف على الصنف	١٤-١٠		
Mastulez 1959	١٦ الحد الأدنى نهارا للأيام المنجمة، ٢٤ للمصحو الحد الأعلى للمعاملة	٢٩-٢٧	٢٤ ، ٢١	الورد
Goldsbeery & Holley 1966	دفيء حتى ٢٢ ثم يرد عند ٢٧ التزهية عند ٣٠ م	١٧	٣٠، ٢٤، ٢٢	
Doherough 1973	ابتداء من ١ نوفمبر حتى ١ مايو حرارة التخزين للأبصال سابقة التبريد	١٧		التوليب

تابع جدول (٢١)

مرجع	ملاحظات	درجة الحرارة		نباتات الزينة النبات
		ليلا	نهارا	
Dehertogh 1973	حرارة التخزين للأبصال التي لم تبرد حتى الزراعة	١٦-١٣		الخصي
Dehertogh 1973	حرارة قبل التهريد حسب مد التزهير	١٩، ٧		
	زراعة الشتلة قبل الأحبار يبدأ بالدرجة	٢ - ١		
Dehertogh 1973	العليا			
	حرارة الأحبار حسب مد التزهير لا تزد	١٦-١٨		
Large 1972	حرارة النهار عن ٣ م			
	حاصلات الخريف المدفأة ، ٢١ للصحر	١٣-١٠-٢	٢١-١٨-١٦	
	نهارا نقل الى ١٨ ثم ١٦ - ليلا ١٣			
Large 1972	حتى التورد			
	تهوية عند ١٦ ثم دفيء عند ١٣ -	١٣	١٦، ١٣	
Large 1972	محصول شتوي			
	شتوي ، تهوية عند ٢١ ، دفيء حتى	١٠	١٦، ١٦، ١٨، ٢١	
	١٦ مع دفيء حتى ١٣ ثم تهوية ند			
Large 1972	١٨ بدون .			
	شتوي ، عند تكوين القلب تهوية عند	٧	١٦-١٠	
Large 1972	١٦ دفيء عند ١٠			
	ريعي النباتات الصغيرة	١٣	٢١-١٦	الطماطم
	ريعي خفض الحرارة حتى درجة الليل	٧	١٦-١٠	
	تدرجيا ، دفيء حتى ١٠ تهري عند			
	١٦			
Brooks 1973	الدرجات العليا للأيام الصحو والصغرى للتيوم	١٧-١٦، ١٦-١٤	٢٦، ٢٤، ٢٢، ٢١	

تابع جدول (٢١)

مرجع	ملاحظات	درجة الحرارة		نباتات الزينة
		ليلا	نهارا	
	الإنبات	٢٩		حاصلات أخرى
	حتى الشتل	١٦		
	لأنتاج الشتل ، ١٨ أفضل	١٨-١٣		
Tayama 1975	نبات الفرة والخيار والكوسة والبطيخ	٣٥		
Tayama 1975	نبات الكتلوب	٣٢		
Tayama 1975	نبات الكرنب والباذنجان والفلفل	٢٩		
Tayama 1975	نبات القرنيط	٢٧		
Tayama 1975	نبات الخس والبصل	٢٤		
	نبات - الحرارة أفضل قرب ١٦	٢١-١٦		
Dietz 1976	أنتاج الشتلات للبصل . أزرع عند ٧ م	١٠-٤	٥+ - ٣+	
	حتى الشتل ٣-٥ أعلى نهارا .			
Dietz 1976	أنتاج شتلات الكرنب .	١٣-٧	٥+ - ٣+	
Dietz 1976	أنتاج الشتلات الباذنجان والفلفل أزرع عند ١٦ حتى الشتل .	١٨-١٣	٥+ - ٣+	

التحكم في حرارة المخلول المغذى

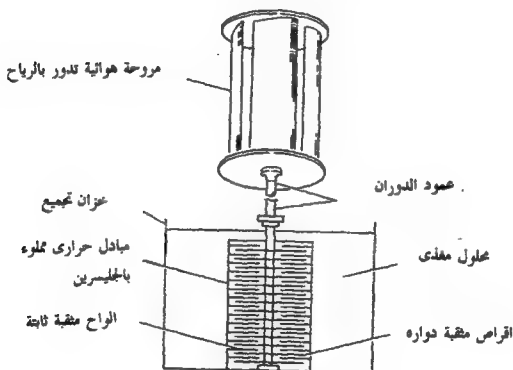
لو سخن المخلول المغذى في الحوض الجامع فإن المخلول الدائر يمكنه أن يوصل الحرارة الى المحصول . وأبسط طريقة لتحقيق ذلك هي غمر سخان كهربائى مرتبط بثرموستات في الحوض الجامع للتحكم في درجة حرارة المخلول . والتكلفة الرأسمالية لهذه الطريقة منخفضة غير أن نفقات التشغيل عالية جدا بل قد تكون أعلى طريقة لتسخين المخلول . ويلاحظ عدم استخدام سخان نحاس حتى لا يذوب من النحاس شيء يضر نمو النبات . وقد تغمر أنابيب من الحديد غير القابل للصدأ في المخلول المغذى بالحوض الجامع ثم يمرر مياه ساخنة في هذه الأنابيب أو بخار من غلاية تعمل بالزيت أو الغاز أو الفحم . وتحت الظروف الإنجليزية في الصوب وجد أن استخدام ١٢ متر من الأنابيب الحديدية غير القابل للصدأ ذات قطر ٥ سم مناسب لمنشأة NFT مساحتها ٤٠٠ هكتار عندما يمر البخار خلال الأنابيب المغمورة في الحوض الجامع . ويتم التحكم في معدل تدفق الماء الساخن أو البخار عن طريق ثرموستات في المخلول حيث يمكن أن نحصل على درجة الحرارة المرغوبة للمخلول المغذى .

وفي المناطق ذات الإشعاع الشمسى العالى حيث يكون هناك انخفاض في درجة حرارة الهواء ليلا ، يحسن تسخين المخلول الغذائى ليلا . وفي هذه الظروف تستخدم غلاية تعمل بالطاقة الشمسية . حيث تمر المياه من خزان وتمر خلال مستقبل شمسى Solar Panel بالنهار وتخزن طاقة الحرارة الشمسية Solar Heat في الماء . أما في الليل فلا يمر الماء الساخن خلال المستقبل الشمسى ولكنه يمر خلال الأنابيب المصنوعة من الحديد غير القابل للصدأ في المخلول المغذى في الحوض الجامع مع استخدام ثرموستات للتحكم في درجة حرارة المخلول . ومادنا قد سخنا المخلول في الخزان فيجب أن يعزل الخزان نفسه حتى لا تفقد الحرارة بسرعة وكذا الحال في قنوات الغشاء المغذى فإذا كان العمل في الهواء المطلق فيجب العزل كاملا ، أما اذا كان في الصوبة فيكون العزل لمنع فقد الحرارة بطريق الحمل الى الأرض . وقد صممت قنوات الغشاء المغذى القياسية التى سبق أن وصفناها على أساس توفر إمكانية العزل .

كما يمكن استخدام طاقة الرياح لتخزين الحرارة في خزان الماء . ويتم ذلك باستخدام التجهيزات الموضحة في شكل رقم ٢٦ التى انتجت للاستخدام في

نظم الغشاء المغذى ، وفي هذه الطريقة يتم تحويل طاقة الرياح الى طاقة حرارية . ويتكون الجهاز من اسطوانة تدور بدفع الهواء مثبت في قاعها قضيب يدور مع الاسطوانة وينقل حركتها الى مجموعة من الأقراص ذات الثقوب مجتمعة في شكل اسطوانى فينتج عن دورانها احتكاك مع الجليسين الذى ترتفع درجة حرارته نتيجة لهذا الاحتكاك وتغمر الاسطوانة السفلى المحتوية على الأقراص والجليسين في حوض المحلول المغذى فتنتقل الحرارة من الجليسين الى المحلول . وهذه أكفأ طريقة بدلا من تحويل طاقة الرياح الى طاقة كهربائية ثم بعد ذلك تستخدم الطاقة الكهربائية لاجاد الحرارة .

وبذا يمكن تسخين الماء الموجود في خزان التخزين المعزول باستخدام كل من الطاقة الشمسية وطاقة الرياح .



شكل رقم (٢٦) : مولد حرارة بقوة الرياح

متابعة الحالة الغذائية لنباتات الغشاء المغذى

أوضحنا في موقع آخر من هذه الصفحات ضرورة متابعة تركيز العناصر المغذية ورقم ال pH في المحلول المغذى والتغير في محتوى المحلول من العناصر المغذية أو الحموضة ينعكس مباشرة على النبات . فمتابعة خواص المحلول المغذى عامل أساسى . ومادامت هذه الخواص (تركيز العناصر والحموضة) لم تتغير تغيرا هاما عما كانت عند بدء تشغيل الغشاء فإننا نتوقع بكثير من التأكد أن النبات ينمو طبيعيا وأنه لا يعاني نقصا أو زيادة في أى عنصر من العناصر المغذية . فحالة النبات الغذائية انعكاس مباشر لخواص المحلول المغذى .

وبالإضافة الى متابعة تركيز العناصر المغذية والحموضة بالمحلول المغذى يجب على المشرف على مزرعة الغشاء المغذى أو أى طريقة أخرى للزراعة بلون أرض أن يتابع النبات نفسه خصوصا اذا ظهرت عليه بعض الأعراض التى يشك أنها ناتجة عن اضطراب غذائى .

تشخيص نقص العناصر المغذية

رغم أنه يسهل على الزارع تمييز النبات السليم من النبات الذى يعاني من نقص الغذاء الا أننا ننصح الزارع باستشارة متخصص ، فالأعراض التى تظهر على النباتات قد تختلط على الشخص العادى فلا يستطيع أن يفرق بين نقص عنصر وآخر ، وقد يضيف عنصرا بإعتبار أن نقصه هو سبب ظهور الأعراض بينما هذا العنصر موجود بالنبات بنسبة كافية وأن الأعراض ناتجة عن نقص عنصر آخر أو لظروف أخرى تؤدى الى ظهور هذه الأعراض . ويحدث ذلك كثيرا بالنسبة للعناصر الصغرى ومعروف أن زيادة من هذه العناصر قد تضر النبات ضررا شديدا .

والمختص عادة لا يقرر سبب الأعراض على النبات من مجرد النظر اليها بل يقوم بأخذ العينات من بيئة النمو ومن أوراق النبات لتحليلها ، ومن نتائج التحليل الكيميائى والأعراض التى تظهر على النبات يمكن أن يعرف العنصر الذى يجب إضافته والصورة الكيميائية التى تحتوى على هذا العنصر ويستطيع النبات الاستفادة منها ، والمقدار المناسب الذى يضاف .

ومتابعة الحالة الغذائية للنبات لا تستلزم ظهور أعراض غير عادية على هذا النبات ، فظهور الأعراض يدل على أن النقص في عنصر أو عناصر قد بلغ حداً أثر على مظهر النبات وبالتالي سوف يؤثر على المحصول ، بينما يسعى الزارع ويحرص دائماً على أن يوفر للنبات أفضل وأوفق ظروف النمو ليحصل على أعلى إنتاج منه . ومن أجل ذلك يتابع عن طريق المتخصص في تغذية النبات بصفة مستمرة الحالة الغذائية للنبات ويبحث النمو (المحلول المغذي) حتى لا تظهر على النباتات أعراض نقص أحد العناصر المغذية .

(أ) تحديد نقص العناصر المغذية بواسطة الأعراض الظاهرية

نقتضى للقيام بالتشخيص البصرى معرفة الأعراض التى تظهر على النبات عند نقص أو زيادة بعض العناصر المغذية . والتشخيص البصرى مقترنا مع الطرق الأخرى (التحليل الكيميائى للبيئة والتحليل الكيميائى للنبات) يكشف عن سبب ظهور الأعراض التى تدل على معاناة النبات وبالتالي يمكن إدخال التعديلات اللازمة فى تغذيتها .

والتشخيص البصرى يقوم على أساس أن النقص أو الزيادة فى العناصر المغذية التى امتصها النبات من بيئة النمو يؤدىان الى تغيرات ظاهرية مختلفة فى شكل النبات وخاصة بكل عنصر وناتجة عن الاختلال فى العمليات الفسيولوجية والبيوكيميائية .

خطوات العمل :

تعمل احصائية تستند على المشاهدات البيولوجية فتسجل الأعراض الظاهرة للنقص على النباتات المزروعة فى أوساط غذائية تنقصها بعض العناصر المغذية . ويسجل وصف دقيق لأي انحراف فى نمو وتطور النبات ، لون ولمعان وحجم وشكل الأوراق ، وكذا الأوصاف المورفولوجية الأخرى الخاصة بالنباتات المزروعة التى أضيف إليها جميع المواد المغذية الضرورية . ويرسم فى سجل خاص النبات بالألوان ويجرى تحديد العنصر الذى سبب نقصه « جوع » النبات . هذا ويتم التأكد من صحة استنتاج سبب جوع أو حاجة النباتات قيد التجربة بمقارنة نتائج الملاحظة مع علامات نقص العناصر المغذية الأساسية التى سبق تسجيلها ومع الأعراض المصورة لنقص العناصر وكذلك مع نماذج

الناتات المجففة . وجدول رقم (٢٢) يوضح دليل تشخيص نقص العناصر المغذية في النبات .

جدول رقم (٢٢) دليل تشخيص نقص العناصر المغذية

الأعراض يُحتمل أن يكون العنصر

(أ) الأعراض السائدة هي اصفرار الأوراق :

- ١— جميع نصل الورقة أصفر
• الاصفرار في الأوراق السفلى فقط يتبعها (حروق) التروجين
بقع Necrosis ثم تسقط الأوراق
• جميع الأوراق على جميع اجزاء النبات مصفرة وذات الكبريت
حواف ييح

- ٢— الاصفرار في المساحات بين العروق
• يظهر اصفرار بين العروق في الأوراق الناضجة حديثا المغنسيوم
• يظهر الاصفرار في الأوراق الحديثة فقط الحديد
• بالإضافة الى اصفرار ما بين العروق في الأوراق الحديثة المنجنيز
تظهر (حروق) بقع رمادية أو بنية في المساحات
المصفرة
• ربما يظهر اصفرار بين العروق في الأوراق الصغيرة النحاس
تظل اضرار الورقة خضراء يتبعها اصفرار العروق
وتقع سريع يشمل نصل الورقة
• تكون الأوراق الحديثة صغيرة وقد لا يتكون النصل الزنك
وتكون السلاميات قصيرة تعطي مظهر التورد

(ب) الأعراض السائدة ليست الاصفرار :

- ١— تظهر الأعراض عند قاعلة النبات
• تكون جميع الأوراق ذات لون اخضر غامق في البداية الفوسفور
ثم يتقزم النمو ، يظهر لون بنفسي في الأوراق
خصوصا المستنة

• حواف الأوراق المسنة تصفر ثم (تحترق) أو تتكون البوتاسيوم
بقع صغيرة مصفرة تتحول الى بقع محروقة تنتشر على
الأوراق المسنة

٢- تظهر الأعراض في قمة النبات

• تموت البراعم الطرفية . تعطي مظهر المكسنة تسمى البورون
الأوراق الصغيرة وتصبح جلدية مصفرة وتظهر شقوق
ذات لون الصدأ ، تليف فللى على السوق الحديثة
والازهار والحوامل الزهرية ، تكرمش الأوراق الحديثة
• لا تتكون حواف الأوراق ، لا تنمو القمم النامية . الكالسيوم
يتكون لون أخضر فاتح أو اصفرار غير منتظم في
الأنسجة الحديثة . نمو الجنور ضعيف فيكون قصيرا أو
ميميكا

(ب) تحديد نقص عناصر التغذية عن طريق التحليل الكيميائي

إذا كان العنصر ضروريا لنمو النبات فمن الضروري أن يوجد في أنسجته
بتركيز كاف يختلف من عنصر الى آخر حسب نوع النبات والوظيفة التي
يؤديها هذا العنصر فيه . فالتركيز الضروري من العنصر في أنسجة النبات
يعرف بالتجربة ، وقد لوحظ أن النمو يزداد بزيادة الكمية المضافة من العنصر
المختبر حتى تصبح الكمية المضافة كافية لاحتياجات النبات ، وتركيز العنصر في
النبات عند هذه الدرجة هو ما يطلق عليه « التركيز الحرج » أو القيمة الحرجة
Critical Value ويمكن تحديد هذه القيمة بتوقيع نسبة العنصر المختبر ووزن
المحصول الناتج في رسم يائي فيتج منحني صاعد الى أعلى ثم يبدأ الوزن في
التوقف عن الزيادة بينما يستمر تزايد نسبة العنصر في أنسجته ، وفي نقطة
التحول من الزيادة في المحصول الى ثباته نستطيع أن نحدد النسبة الحرجة للعنصر
المختبر في أنسجته . ومعرفة هذه القيمة في نبات ما هي أساس متابعة حالة هذا
النبات الغذائية بالتحليل الكيميائي للأوراق ، فإذا كنا نعرف أن هذا التركيز
هو ١٠٠٠ جزء / مليون من النيتروجين في جزء معين من صنف ما من
النباتات ، فإذا أوضح التحليل الكيميائي لهذا الجزء من النبات تحت أى ظرف

أن تركيز النيتروجين يقل عن ١٠٠٠ جزء / مليون من النيتروجين دل ذلك على أن هذا النبات يحتاج الى اضافة النيتروجين حتى يصل الى التركيز الحرج .

وتعتبر الورقة من أفضل أجزاء النبات لاختبارات أنسجة النبات لأهمية الدور الذى تقوم به فى عمليات التغذية ، ففيها تتجمع العناصر الغذائية وتحدد مع بعضها ، ويبدأ توزيعها على باقى أجزاء النبات فإذا لم يستطع النبات الحصول على أحد العناصر الضرورية من بيئة نمو الجنور (لعدم وجوده أو كفايته فى المحلول المغذى) فإن العمليات الحيوية التى تحدث فى الورقة تتعطل أو تبطئ ، وبذا فتحليل الورقة ذو دلالة على العنصر الناقص .

ويجرى التحليل الكيميائى لأجزاء النبات بإحدى وسيلتين :

أولا : التحليل الكيميائى الجزئى

وهو عبارة عن اختبار سريع لأنسجة النبات ، فيجرى استخلاص الصورة الذائبة فى الماء مثلا أو فى أحد المستخلصات ، ويفترض فى هذه الحالة أن صور العنصر جميعها فى حالة اتزان ، فإذا زاد امتصاص العنصر زادت جميع صوره فى أنسجة النبات وإذا كان العنصر لا يكفى احتياجات النبات انخفضت المقادير الموجودة منه فى جميع صوره . وتقدير الصورة الذائبة فى الماء سهل وسريع ويمكن لإجراؤه فى الحقل أو الصوبة مباشرة .

وتعتمد هذه الطريقة عموما على التقدير اللونى للعنصر المختبر فى عصارة النبات ، وأكثر العناصر اختبارا هى الفوسفور والنيتروجين والبوتاسيوم . ويعتمد تقدير كمية النترات والفوسفور المعدنى والبوتاسيوم فى عصير النبات على أن أيونات NO_3 ، H_2PO_4 ، K^+ تعطى مع كواشف كيميائية محددة محاليل ملونة أو رواسب . فاللون الذى نحصل عليه من النسيج يقارن مع البقع اللونية القياسية ، أما كمية المركبات المعدنية للنيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم الموجودة بالنبات فيتم تقديرها عن طريق نظام العلامات (الدرجات) أو تعكس على شكل نسب مئوية منسوبة الى المادة الخام النباتية . ويسمح استعمال الطرق السريعة للتشخيص الكيميائى للحالة الغذائية للنبات بسرعة تقييم مستوى العناصر المغذية واتخاذ الإجراءات الممكنة لمعالجة نقصها .

ثانيا : التحليل الكيميائي الكلي للأنسجة النباتية

هو تقدير الكمية الكلية (عضوية ومعدنية) من العنصر المختبر (الذى يشك فى نقصه) فى العينة النباتية . وبمقارنة نتيجة التحليل بأرقام قياسية (القيم الحرجة) تمثل حالة الكفاءة الغذائية للنبات بالنسبة للعنصر المختبر ، يمكن معرفة مدى حاجة النباتات لهذا العنصر وإصدار التوصيات المناسبة . ويحتاج ذلك الى معامل مجهزة للتحليلات الكيميائية وتأخذ وقتا أكثر من الطريقة السريعة لاختبارات الأنسجة لاعطاء التوصيات اللازمة .

ويجب أن يؤخذ فى الاعتبار أن طريقة التحليل الجزئى هى طريقة وصفية تقريبية وفى هذا تختلف عن التحليل الكلى للأنسجة النبات الذى يعطى بيانات عن تركيز العناصر الغذائية المحتملة فى النبات بالضبط . وعلى العموم فكلتا الطريقتين يمكن استخدامهما فى متابعة الحالة الغذائية للنباتات خلال موسم النمو .

تحليل الأنسجة النباتية

سبق أن أشرنا الى أنه للتعرف على محتوى النبات من العناصر الغذائية المختلفة يتبع فى ذلك طريقتان هما :

— طريقة التحليل الجزئى للأنسجة النبات أو طريقة الاختبار السريع للأنسجة النبات .

— طريقة التحليل الكلى للأنسجة النبات

أولا : طريقة التحليل الجزئى للأنسجة النبات (الاختبار السريع) :

يمكن قياس تركيز عنصر ما فى أنسجة النبات بعد اضافة الدلائل اللازمة لهذا العنصر عن طريق ملاحظة اللون الناتج عن الاختبار وتمييز مدى شدة هذا اللون الذى يدل على مدى توفر العنصر ، وهناك كشوف قياسية Standard Charts للألوان الناتجة من هذه الاختبارات يمكن استعمالها للحصول على تقدير تقريبي فى صورة أرقام لحالة النبات .

١- اختبار النيتروجين :

يوضع قطاع عرضي من عضو الكشف النباتي (عتق الأوراق أو حواف الأوراق أو الساق) على شريحة زجاجية غير شفافة وتوضع عليه قطرة واحدة من ١٪ محلول داي فينيل أمين *Diphenylamine* (محضر في حامض الكبريتيك المركز) . فنجذ أن التترات الموجودة في عصارة النبات تتفاعل مع المادة المضافة لتعطي لونا أزرق تختلف شدته باختلاف تركيز النترات في النبات الذي يقارن مع الكشف القياسي *Standard Charts* للنيتروجين . وإذا كانت النترات شديدة الإغخفاض ، يكون القطاع في البداية عديم اللون ثم يظهر اللون القهوائي البني وبالتدرج يتحول الى اللون الأسود . ومن المهم ملاحظة لون أوراق النباتات عند إجراء اختبار النترات إذ أن نقص النيتروجين في النبات مرتبط باصفرار الأوراق وخاصة الأوراق السفلى .

٢- اختبار الفوسفور :

توضع قطعة من ورق الترشيح على شريحة زجاجية ثم يوضع على ورقة الترشيح ١-٢ قطره من محلول موليبدات الأمونيوم *Ammonium Molybdate* . يوضع القطاع النباتي في مركز البقعة المتكونة على الورقة ويضغط عليه من الأعلى بواسطة يد زجاجية ، يرفع القطاع النباتي وعلى بقعة العصير المتبقية على ورقة الترشيح توضع قطرة واحدة من محلول كلوريد القصديروز *Stannous Chloride* (١٠ جم كلوريد قصديروز / ٢٥ سم حمض يد كل) حيث ينتج عنها لون أزرق تختلف شدته باختلاف تركيز الفوسفور الموجود بعصارة النسيج النباتي . فإذا كان اللون الأزرق غامقا كان النبات غنيا بالفوسفور وإذا كان اللون أزرق متوسط كان النبات لا يحتاج الى التسميد . وإذا كان اللون أزرق فاتح الى أخضر مصفر دل ذلك على حاجة النبات الى الفوسفور . هذا ويجب مراعاة لون أوراق النبات عند إجراء اختبار الفوسفور حيث نجد أن نقص الفوسفور يسبب تلون الأوراق بلون أحمر قرمزي .

٣- اختبار البوتاسيوم :

توضع ورقة ترشيح على شريحة زجاجية ويوضع عليها قطاع من عضو الكشف . ثم يضغط على القطاع بيد زجاجية حتى خروج العصير على ورقة

الترشيح . يرفع القطاع عن الشريحة وتوضع قطرة واحدة على كل من القطاع وورقة الترشيح من مادة أمينات داي ييكريل المغنسيوم *Dipicril Aminate* وقطرة واحدة من حامض الهيدروكلوريك . ويقارن اللون الظاهر على شكل بقعة على كل من القطاع وورقة الترشيح مع الكشف القياسي للبوتاسيوم . هذا ويتكون عند وجود البوتاسيوم أمينات داي ييكريل البوتاسيوم ذو لون أحمر يميل الى الاصفرار ولا يذوب في حامض الهيدروكلوريك .

ثانيا : التحليل الكيميائي الكلى لأنسجة النبات

للقيام بتحليل أنسجة النبات لمعرفة تركيز كل عنصر غذائي فيها يجب أن تكون العينة النباتية المعدة للتحليل في حالة صالحة لتقدير العنصر المراد معرفة تركيزه . والاعتبارات الواجب مراعاتها عند اختيار العينات النباتية وتجهيزها للتحليل يمكن تلخيصها فيما يلي :

١- تفحص المزرعة من جميع النواحي المتصلة بالنباتات حتى يمكن الوصول الى فكرة واضحة عن مصدر الضرر . ويعتمد في ذلك على الأعراض التي قد تبدو على النباتات وحالة الإصابة بالحشرات والأمراض .

٢- تؤخذ عينات أوراق (سواء سفلية أو علوية) بحيث تكون ممثلة لمختلف أجزاء الوحدة الزراعية (جميع قنوات نظام الغشاء المغذي المنزرعة بالمحصول الواحد) ويحسن تحاشي النباتات التي تختلف عن بقية النباتات .

٣- يجب مراعاة الانتظام في أخذ العينة — أى اذا قررنا أخذ العينة من الورقة الثالثة العليا فيجب مراعاة ذلك بدقة في كل عينة نأخذها .

٤- تغسل عينات الأوراق في أطباق من البولي ايثيلين في محلول تنظيف ١٪ في طبق أول ثم في ماء مقطر في طبق ثانٍ ثم في ماء *Deionized* في طبق ثالث .

٥- عند تمام الغسيل توضع الأوراق النباتية على ورقة تجفيف لامتصاص المياه العالقة بالأوراق النباتية ثم توضع في صواني خاصة بالتجفيف وبعد ذلك توضع الصواني في فرن ذى تيار هوائى شديد تحت درجة ٦٥° م لمدة ٤٨ ساعة .

٦— بعد تمام التجفيف تطحن عينات الأوراق في طاحونة نباتات Agate Mill مناسبة ويجب تنظيف الطاحونة جيدا بعد كل عينة ، ثم يحفظ المسحوق في برطمان ذى غطاء مع تركه مفتوحا لمدة ٢٤ ساعة في فرن ذى تيار هوائى على درجة ٦٥°م ثم يقفل بإحكام وهو ساخن وتحفظ في مكان بارد جاف حتى التحليل الكيميائى . هذا بجانب لصق ورقة بها البيانات الخاصة بالعينة على جدار الزجاجاة من الخارج .

(أ) تقدير النيتروجين الكلى فى العينة النباتية :

يوجد النيتروجين فى النبات على صور عديدة منها الأمونيوم ، النترات ، الأمينات ، والأميدات . ولتقدير النيتروجين الكلى يلزم تحويل كل هذه الصور الى صورة واحدة يقدر النيتروجين بواسطتها . ويتم ذلك بواسطة مخاليط هضم تقوم بأكسدة جميع المواد العضوية الموجودة فى الأنسجة النباتية وفى نفس الوقت تحول النيتروجين الموجود الى صورة الأمونيوم . وتقدر الأمونيوم الناتجة بعد الهضم بواسطة الطريقة الحجمية ، بتحويل الأمونيوم الى أمونيا تطرد مع البخار فى جهاز كلداهل ، حيث تستقبل الأمونيا المتطايرة فى حامض بوريك (٤٪) وتحسب بعملية المعايرة المباشرة مع محلول حامض الكبريتيك .

خطوات العمل وحساب النتائج :

عملية الهضم — تؤخذ عينة جافة على الميزان الحساس بملود ٥ ، جم وتوضع فى دورق كلداهل ذى حجم ٥٠٠ سم^٣ ، يضاف ٥ مل من خليط حامض السلسليك والكبريتيك ٥٪ (٥ جم حامض سلسليك / ١٠٠ مل حامض كبريتيك مركز) ، ويتم مزج محتويات الدورق جيدا ويترك لمدة $\frac{1}{4}$ ساعة . يضاف ٢٥ ، جم من ثيو كبريتات الصوديوم Sodium Thiosulfate ثم يسخن الدورق قليلا على لهب ضعيف لمدة $\frac{1}{4}$ ساعة ثم يترك ليبرد . بعد ذلك يضاف $\frac{1}{4}$ جم من مخلوط كبريتات النحاس واليوتاسيوم (٣ : ١) و ٥ مل حامض كبريتيك مركز . بعد ذلك يتم التسخين بالتدريج ثم تزداد قوة التسخين والاستمرار فى الهضم حتى تبيض محتويات الدورق . وبعد انتهاء الهضم تترك اللوارق لتبرد .

عملية التقطير — يضاف حوالى ١٠٠ مل ماء مقطر الى دورق الهضم ، يضاف ٤٠ مل محلول من هيدروكسيد الصوديوم (٤٠٪) ببطء الى الدورق ثم يثبت الدورق في وحدة كلداهل للتقطير حيث يقفل الدورق بسدادة ينفذ منها طرف مكثف يتسنى طرفه الآخر في دورق الاستقبال . ويوضع في دورق الاستقبال (٢٠٠-٢٥٠ سم^٣) ٢٥ مل من محلول حامض البوريك ٤٪ مع مراعاة أن يكون طرف المكثف مغمورا في محلول حامض البوريك ، ويضاف الى حامض البوريك بعض نقط من دليل بروموكريزول جرين — ميثايل Bromocresol green-Methyl red [٢٥ مل ميثايل رد (١٪ في كحول نقي) + ٥٠ مل بروموكريزول جرين (١٪ في ماء) + ٢٥ مل كحول ايثايل ٩٥٪] . تسخن محتويات دورق كلداهل حتى الغليان ويستمر الغليان لمدة ١ ساعة ، ثم ترفع أنبوبة المكثف من المحلول في دورق الاستقبال لمدة دقيقة ثم يغسل من الخارج بالماء المقطر ويعد دورق الاستقبال عن جهاز التقطير .

عملية المعايرة — يتم معايرة محتويات دورق الاستقبال مع محلول حامض كبريتيك ٠,١ ع حتى يصبح لون الدليل أخضر ويسجل حجم الحامض الذى لازم للمعايرة .

حساب كمية النيتروجين — يتم حساب كمية النيتروجين بالمعادلة التالية :

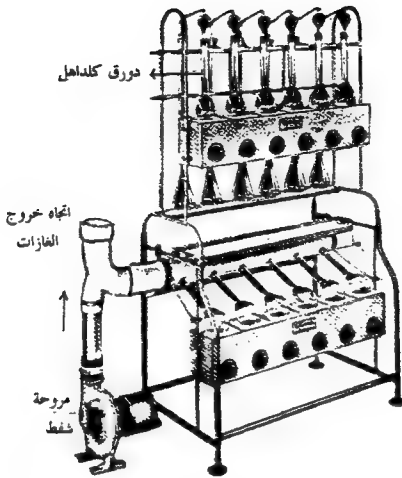
$$\% N = \frac{100 (a - b) \times 0,00014}{C}$$

حيث أن :

a — كمية حامض الكبريتيك (٠,١ ع) المستخدمة فعلا في المعايرة (سم^٣) .

b — كمية حامض الكبريتيك (٠,١ ع) المستخدمة فعلا في معايرة المقارنة (سم^٣) .

C — وزن العينة بالجرام ، 0,00014 — كمية النيتروجين (جم) المطابقة لكل ١ سم^٣ من حامض الكبريتيك ٠,١ ع ، المستخدم لثبيت الأمونيا .



شكل رقم (٢٧) — جهاز كلداهل لتقدير النيتروجين

ويوضح الشكل رقم ٢٧ وحدات الهضم والتقطير لجهاز مارك وكلداهل المستخدم في التقدير وترتبط فيه وحدة اضم بمروحة شفط لتخلص من أبخرة الأحماض الناتجة من عملية الهضم وأيضا دوارق كلداهل المستخدمة .

(ب) تقدير الفوسفور ، البوتاسيوم ، الحديد ، الزنك ، المنجنيز ، والنحاس :

يتم تقدير هذه العناصر في مستخلص مجهز بعد هضم عينة المادة النباتية بواسطة خليط من الأحماض المركزة (النيتريك ، بيركلوريك ، الكبريتيك) بنسبة ٥ : ٢ : ١ مع التسخين حتى يحدث هدم للمادة العضوية وخروج العناصر الغذائية المعدنية في صورة ذائبة في المحلول الحامض .

تهييز المستخلص :

تؤخذ عينة نباتية على الميزان الحساس بملود ٥، جم وتوضع في كأس ذات حجم ١٠٠ سم^٣ أطول قليلا من الكأس العادى ، يضاف ١٠ سم^٣ من خليط الأحماض المركزة (النيتريك ، اليركلوريك ، الكبريتيك) باحتراس ، ويتم مزج محتويات الكأس بشكل جيد ، ثم التسخين على مسخن كهربائى فى غرفة غازات مغلقة لمدة ٥ دقائق . يوقف حرارة المسخن عند بدأ ظهور الأبخرة البنية الكثيفة وتترك العينة ١٠ دقائق لإتمام عملية الأكسدة ثم يستمر فى التسخين ثانيا ببطء على حرارة منخفضة حتى انتهاء صعود الأبخرة البنية وبداية ظهور أبخرة بيضاء ، استمر فى التسخين حتى انتهاء تصاعد الأبخرة وحتى تصبح محتويات اللورق راتقة تماما . وفى حالة احتفاظ المحلول بلونه الأصفر أو البنى الغامق فيجب التبريد وإضافة ٢ مل من المخلوط الحامضى والتسخين مرة ثانية ، كما يجب عمل مقارنة فى الوقت نفسه فتضاف نفس الكميات من الخليط الحامض وتعامل بنفس الخطوات ، لكن بدون اضافة المادة النباتية . يتم تبريد العينات بعد انتهاء الحرق ثم يضاف الماء المقطر وتنقل المحتويات كيميا خلال ورقة ترشيح الى دورق معيارى (١٠٠ سم^٣) ثم يكمل الحجم بواسطة الماء المقطر حتى العلامة . ويعتبر هذا المحلول هو الأساس لتقدير العناصر المطلوبة السابقة .

١- تقدير الفوسفور :

يؤخذ ٥ سم^٣ من المحلول الأساسى بواسطة ماصة وتوضع فى دورق معيارى حجمه ٥٠ سم^٣ ، يضاف له ١٠ سم^٣ من خليط كاشف الفوسفور ويمزج جيدا ويكمل الحجم الى العلامة . وبعد مرور $\frac{1}{4}$ ساعة من ظهور اللون يتم قياس الكثافة الضوئية للمحلول على جهاز الالكتروفوتوميتر Electrophotocolorimeter باستخدام موجه ضوئية طولها ٤٧٠ ملليميكرون .

ولتحضير المحاليل القياسية ، يصب فى عشرة دوارق (حجم كل منها ٥٠ سم^٣) ٥ مل ماء مقطر ، ثم تضاف الكميات المبينة فى الجدول التالى من المحلول النموذجى الأساسى ، الذى يحتوى ١ سم^٣ منه على ٠.٥ ملجم فوسفور ، ثم يضاف ١٠ مل من كاشف الفوسفور . تخلط محتويات الدوارق

جيذا ويكمل الحجم الى العلامة بالماء المقطر . ويتم توضيح نتائج قياس الكثافة الضوئية المقطرة بعد $\frac{1}{4}$ ساعة من ظهور اللون في الجدول .

نموذج التسجيلات الخاصة بتحضير المحاليل القياسية
لتقدير الفوسفور

رقم الدورق	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠
عدد سم ^٣ من المحلول النموذجي الأساسي	-	٢	٤	٦	٨	١٠	١٢	١٤	١٦	٢٠
عدد ملجم فوسفور في ٥٠ سم من المحلول	مسدود	١ر	٢ر	٣ر	٤ر	٥ر	٦ر	٧ر	٨ر	١ر
الكثافة الضوئية للمقاسة على الجهاز										

واعتمادا على الكثافة الضوئية المقطرة للمحاليل القياسية الملونة يرسم منحني أحدائه الأفقي تركيزات الفوسفور في ٥٠ سم^٣ من المحلول ، وأحدائه الرأسية الكثافة الضوئية لكل تركيز ، وبواسطة هذا المنحني البياني يتم إيجاد كمية الفوسفور (ملجم) الموجودة في ٥ سم^٣ من المستخلص الأساسي (a) وتحسب كمية P_2O_5 كنسبة مئوية بواسطة المعادلة التالية :

$$\% P_2O_5 = \frac{a \times v \times 100 \times 2.29}{b \times w}$$

حيث أن :

- a — كمية الفوسفور في ٥ سم^٣ من المستخلص الأساسي ،
- v — حجم المحلول الأساسي (١٠٠ سم^٣) ،
- b — حجم المحلول الأساسي المأخوذ للقياس (٥ سم^٣) ،
- w — وزن العينة النباتية (ملجم) ،
- 2.29 — ثابت تحويل P الى P_2O_5

المحاليل الكيميائية المطلوبة للتقدير :

— المحلول القياسي للفوسفور : ويحضر بإذابة ٠,٢٢٩٤ جم من KH_2PO_4 المعاد تبلوره في قليل من الماء المقطر في دورق معيارى سعته لتر ثم يكمل الحجم بالماء المقطر الى لتر . يحتوى ١ مل من هذا المحلول على ١, مليجرام فوسفور .

— خليط كاشف الفوسفور : ويحضر بنسبة ١ : ١ : ١ من المحاليل التالية : حامض النترك المخفف (١ : ٢) ، محلول فاناتات الأمونيوم الحمض Acidified ammonium vanadate ويحضر بإذابة ٢,٥ جم من الملح في ماء مغلى ويرد ويضاف له ٩٠ سم^٣ من حمض النترك المركز ويكمل الحجم الى لتر واحد في دورق معيارى ، أما المحلول الثالث فهو إذابة ٤٥ جم من موليبيدات الأمونيوم Ammonium molybdate في ماء ساخن ثم يكمل الحجم الى لتر .

طريقة التحليل بجهاز قياس اللون :

يعتمد التحليل بقياس اللون على أساس مقارنة لون المحلول الأساسى (المراد تقدير التركيز فيه) مع لون محاليل قياسية ذات تركيز معروف من المادة المراد تقديرها .

والنظرية القياسية للون تعتمد على فكرة اسقاط شعاع من الضوء ذو موجة تناسب لون محلول العينة المراد قياسها عن طريق استعمال مرشح ضوئى Filter تنفذ منه هذه الموجة فقط وعندما يسقط هذا الضوء الوحيد الموجه فقط على العينة فإنه يمتص بواسطة المحلول (العينة) بدرجة تناسب مع تركيز اللون بهذا المحلول ، وبمعنى آخر سوف يمر وينفذ جزء من هذا الضوء خلال المحلول . وتناسب كمية الضوء النافذ عكسيا مع تركيز اللون بالمحلول .

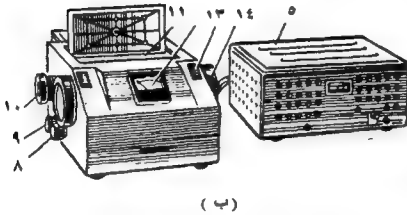
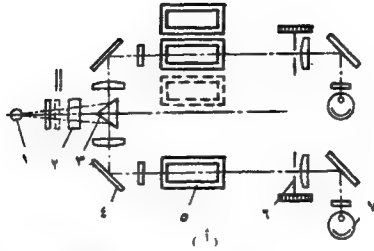
وهناك أجهزة خاصة لقياس الكثافة الضوئية للمحاليل المختلفة تعمل بالتيار الكهربائى تسمى بالـ Electrophoto colorimeter وعادة ما تكون القراءة على هذه الأجهزة تعبر عن نفاذية الضوء Transmittance وهو عكس الامتصاص Absorption .

والخطوة الأولى في استعمال الطرق اللونية للقياس هو عمل خط يانق قياسي Standard Curve يحدد العلاقة بين تركيز العنصر المراد تقديره وقراءات الجهاز (سواء كانت نفاذية أو امتصاص) ويجرى ذلك بتحضير سلسلة من التركيزات المختلفة للعنصر ابتداء من الصفر (ماء مقطر) الى أعلى تركيز يتحمل وجوده (أو حسب حساسية الطريقة) ثم تكوين اللون في هذه المحاليل المخضرة المعروفة بقياسها بالجهاز بنفس الطريقة التى سوف تتبع مع العينات . ثم عمل رسم يبانق يوضح العلاقة بين التركيز والقراءة على أن يستخدم هذا الرسم فى معرفة تركيز العنصر فى العينة المجهولة بعد قياسها على الجهاز ومعرفة نسبة النفاذية أو درجة الامتصاص لها .

ويجربى القياس بهذه الأجهزة باستخدام مرشح ضوئى Filter يعطى موجه ضوئية تناسب لون المحلول المراد قياسه ، وهناك بعض الأجهزة مزودة بضابط خاص يمكن أن يعطى الموجه الضوئية المراد استخدامها دون الحاجة الى مرشحات ضوئية .

ويقوم نظام عمل جهاز قياس شدة الضوء الكهربائى (شكل رقم ٢٨) على أساس معادلة شدة تيارين ضوئيين ، يمرران خلال علب فيها محاليل مذنية وملونة وبمساعدة حاجز القياس ، فالتيار الضوئى المار عبر العلبة يسقط على خلية ضوئية ، أما الفرق فى التيار الضوئى الحاصل فيسجل من خلال جلفانومتر . وعند تساوى التيارات الضوئية وبالتالى شدة الضوء فإن مؤشر الجلفانومتر سيكون صفر .

وتغذية الجهاز بالتيار تتم من المصدر . ويمر التيار الضوئى من فتيلة لمبة التوهج عابرا بمجموعة من العدسات المركزة والمرابا والزجاجيات خلال مرشحات ضوئية (فلاتر) . ويتم اختيار المرشح الضوئى بحيث أن قابليته القصوى لتمرير الضوء تتوافق مع القابلية القصوى للامتصاص الضوئى من قبل المحلول الملون . هذا وهناك أنواع مختلفة من أجهزة قياس الشدة الضوئية التى تعمل بالكهرباء .



شكل رقم (٢٨) : الشكل التخطيطي (أ) والشكل العام (ب)
 لجهاز قياس الشدة الضوئية الكهربائية من نوع FEK-56M

- | | |
|---|-----------------------------------|
| ١ - مصدر الضوء . | ٢ - مرشح (فلتر) الضوء . |
| ٣ - منشور | ٤ - مرآة . |
| ٥ - علبة | ٦ - الحاجز . |
| ٧ - الخلية الضوئية . | ٨ - علة تبيت الحساسية . |
| ٩ - علة تبيت (الصفر الكهربائي) . | ١٠ - عجلة تغير المرشحات الضوئية . |
| ١١ - مجال وضع العلب . | ١٢ - أمبير متر صغير . |
| ١٣ - لوحة قياس الكثافة الضوئية . | ١٤ - عجلة العد . |
| ١٥ - موجه يعمل على استقرار التيار الكهربائي . | |

٢- تقدير البوتاسيوم :

يؤخذ من مستخلص العينة النباتية (المحلول الأساسي) السابق تجهيزه حجم يكفى التقدير ويكون ذلك في حدود ٢٠ سم^٣ ويوضع في كأس حجمه ٥٠ سم^٣ ، وفي كؤوس أخرى يتم وضع المحاليل القياسية السابق تحضيرها ويجرى القياس في جهاز تقدير الطيف Flame photometer ، يتم تحضير المحاليل القياسية عادة في عشر دوارق معيارية (سعة ١٠٠ سم^٣) ، حيث تصب فيها الحجم المختلف من محلول كلوريد البوتاسيوم القياسى والمخضر مسبقا والذي يحتوى كل ١ سم^٣ منه على ١ ملجم بوتاسيوم (هذه الحجم مئته في الجدول التالى) ، ومن ثم تكمل الدوارق بالماء المقطر للعلامة وترج جيدا .

نموذج تسجيل المعطيات عند تحضير المحاليل القياسية
لتقدير البوتاسيوم

رقم الدورق	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠
حجم محلول كلوريد البوتاسيوم القياسى (سم ^٣)	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١
محتوى البوتاسيوم (ملجم) فى ١٠٠ سم ^٣ من المحلول القياسى قراءات الجهاز	-	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩

ويرسم المنحنى البياني الذى يمثل العلاقة بين تراكيزات البوتاسيوم (K) بالمليجرام لكل ١٠٠ سم^٣ من المحلول القياسى (أفقيا) وقراءات مؤشر الجهاز رأسيا ، وتحسب كمية البوتاسيوم من المعادلات التالية :

$$\% K = \frac{a \times 100}{w}$$

$$\% K_2O = \frac{a \times 100 \times 1.2}{w}$$

حيث أن :

a — كمية البوتاسيوم (ملجم) في ١٠٠ سم^٣ من المحلول والتي يتم الحصول عليها من المنحنى البياني بعد تثبيت قراءة الجهاز للمحلول الأساسي ،

w — وزن العينة النباتية (ملجم) ،

1.2 — ثابت تحويل K الى K₂O

المحاليل الكيميائية المطلوبة للتقدير :

— يحضر المحلول القياس الأساسي للبوتاسيوم بإذابة ١,٩ جم من كلوريد البوتاسيوم KCl النقي في الماء وفي دورق حجمي (لتر واحد) ويكمل الحجم الى العلامة — هذا المحلول يحتوي ١ مل منه على ١ ملجم K .

التحليل الفوتومتري باستخدام اللهب Flame Photometry :

أن الطريقة الفوتومترية باستخدام اللهب هي إحدى طرق التحليل الطيفي القائمة على أساس قياس شدة الاشعاع بمساعدة الخلية الضوئية ، حيث يظهر هذا الاشعاع عند استثارة ذرات العنصر في اللهب . ويتم ادخال المحلول المراد تحليله بمساعدة الهواء المضغوط على شكل رذاذ الى فتيلة المصباح . ويتم فصل الطيف الأكثر تميزا للعنصر المراد تقديره عن الطيف العام للهب بمساعدة المرشحات الضوئية ثم يتم توجيهه الى الخلية الضوئية . وأن شدة التيار الضوئي المتكون تتناسب طرديا مع تركيز العنصر المراد تقديره وتقاس بواسطة الجلفانومتر .

إن تركيز العنصر المراد تقديره في المحلول الأساسي يتم تحديده بواسطة مؤشرات الجلفانومتر الخاص بالجهاز عن طريق المقارنة مع قيمة شدة التيار الضوئي الناتجة عن ادخال المحاليل القياسية ذات التراكيز المعروفة الى اللهب . ولأجل وضع الخط البياني يتم تحضير مجموعة من المحاليل القياسية ذات التراكيز التصاعدي للعنصر المراد تقديره في حدود التراكيز المراد تقديرها للمحاليل الأساسية .

هذا ويجب أن يتم قياس كل من المحاليل الأساسية والقياسية تحت ظروف عمل الجهاز الواحد . هذا ويختلف تصميم أجهزة قياس الشدة الضوئية

Flame Photometers المستخدمة في المعامل الزراعية ، الا أنها جميعا تتكون من الوحدات الأساسية التالية :

- ١— وحدة التغذية وتحتوى على محلول موازن .
- ٢— ضاغط هواء .
- ٣— منظومة اعطاء الخليط الغازى من الشبكة أو الأنابيب . علما بأن الضغط العملى للبروبان والبيوتان هو ١٥—٨٠ ملم عمود ماء ، وللاستيلين ١٠٠—١٨٠ ملم عمود ماء .
- ٤— الرشاش المتكون من جهاز الامتصاص وغرفة الرذاذ وغرفة الخلط .
- ٥— وحدة الاشتعال مع منظم الوهج .
- ٦— المنظومة البصرية مع مرشحات ضوئية خاصة بالعناصر المراد تقديرها ذات الامرار الأقصى للبتاسيوم ٧٦٦ ، الصوديوم ٥٨٩ ، الليثيوم ٦٧١ ، الكالسيوم ٦٢٠ نانومتر (١٠^٩ متر) .
- ٧— خلية ضوئية ذات مقوى للتيار الضوئى .
- ٨— ميكرو أمبيرومتر ذو منظم للحساسية .

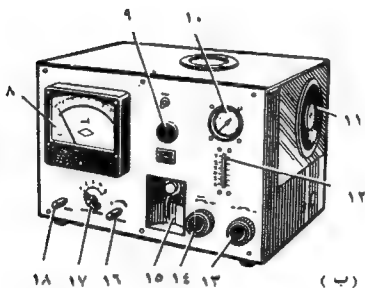
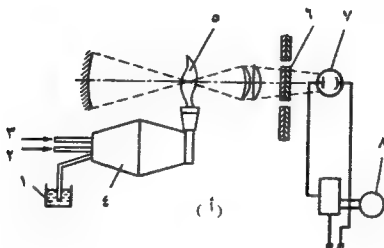
وفي الشكل رقم (٢٩) يوضح تخطيط ومنظر عام لجهاز قياس شدة الضوء العامل باللهب **Flame Photometer** . والشرح المفصل لطريقة قياس شدة الضوء باستعمال اللهب وأساليب العمل على الأجهزة عادة ما تحتويها التعليمات الخاصة بكل جهاز .

٣— تقدير الحديد والزنك والمنجنيز والنحاس :

يؤخذ من مستخلص العينة النباتية (المحلول الأساسى) السابق تجهيزه حجما يكفى التقدير ويكون ذلك في حدود ٣٠ سم^٣ ويوضع في كأس حجمه (٢٥—٥٠ سم^٣) ، وفي كؤوس أخرى يتم وضع المحاليل القياسية السابق تحضيرها للعنصر المراد إختباره ويجرى القياس في جهاز سبكتروفوتوميتر الامتصاص الذرى **Atomic Absorption Spectrophotometer** .

يرسم منحني يبانى يمثل العلاقة بين تركيزات العنصر المراد قياسه على المحور الأفقى وقراعات مؤشر الجهاز التى تعبر عن نفاذية أشعة الضوء ذات طول الموجه الخاص بكل عنصر (**Transmition**) على المحور الرأسى . ويستخدم هذا

الرسم في معرفة تركيز العنصر في العينة المجهولة بعد قياسها على الجهاز ومعرفة نسبة النفاذية لها .



شكل رقم (٢٩) : الشكل التخطيطي (أ) والشكل العام (ب)
جهاز قياس الشدة الضوئية باللهب FPL-1

- | | |
|---|---------------------------------------|
| ١ - انخلول الحاضع للدراسة ، | ٢ - دافع الغاز ، |
| ٣ - دافع الهواء ، | ٤ - الخلاط ، |
| ٥ - لب الشعلة الغازية ، | ٦ - القلتر الضوئي ، |
| ٧ - الخلية الضوئية ، | ٨ - مايكرو امير ، |
| ٩ - فتحة للملاحظة ومراقبة اللهب ، | ١٠ - جهاز قياس ضغط الهواء (مانومتر) ، |
| ١١ - عجلة تغيير الفلترات الضوئية ، | ١٢ - مانومتر الغاز ، |
| ١٣ - لولب التحكم في غلق وفتح الغاز ، | ١٤ - لولب التحكم في غلق وفتح الهواء ، |
| ١٥ - فتحة لاعطاء انخلول المراد تحليله ، | ١٦ - عتلة فتح وغلق الحساسية ، |
| ١٧ - مفتاح السيطرة على الحدود ، | ١٨ - عتلة تحديد الصفر . |



شكل رقم (٣٠) : منظر عام لجهاز سبكتروفوتوميتر الامتصاص الذرى

طريقة التحليل باستعمال سبكتروفوتوميتر الامتصاص الذرى :

التحليل باستعمال جهاز سبكتروفوتوميتر الامتصاص الذرى أحد الطرق الفوتومترية باستخدام اللهب وهذا الجهاز سهل الاستخدام لتقدير العناصر خاصة الموجودة بتركيزات منخفضة جدا . وتتلخص طريقة تشغيل هذا الجهاز فى استثارة ذرات العنصر الموجودة فى المحلول فى لهب ينتج من احتراق خليط الهواء والاستيلين (على سبيل المثال) ، وهناك أجهزة تستخدم خليطا مختلفا من الغازات . ويمرور ضوء معين لكل عنصر (لكل عنصر لمبة خاصة تسمى الكاثود) خلال هذا اللهب (بعد فصل الطيف الأكثر تميزا للعنصر المراد تقديره ذى طول موجة معينة) الذى به ذرات العنصر محترقة ومثارة يحدث امتصاص لجزء منها (حسب التركيز الموجود من العنصر) ثم يقاس الجزء المتبقى الذى لم يحدث له امتصاص خلال خلية ضوئية Photocell بواسطة جلفانومتر . وشكل رقم (٣٠) يوضح منظر عام لجهاز سبكتروفوتوميتر الامتصاص الذرى Atomic Absorption Spectrophotometer . هذا ويسمح

بالعمل على هذا الجهاز فقط للأشخاص الذين سبق أن تم تدريبهم على مثل هذه الأجهزة . والشرح التفصيلي لطريقة استخدام هذا الجهاز عادة تحتويها التعليمات الخاصة لكل جهاز .

*** التسميد بثاني أكسيد الكربون**

في تقنيات الغشاء المغذى يحتوى المحلول المغذى جميع العناصر الضرورية لتغذية النبات بالقدر والنسب التي تلائم كلا منها وإذا انجبه ذهن الزارع الى اضافة ثاني أكسيد الكربون كعامل يزيد الانتاج فإن ذلك يكون مرتبطا بوجود وحدات الغشاء المغذى داخل الصوبة .

تحصل النباتات على الكربون من غاز ثاني أكسيد الكربون الموجود بنسبة ٠,٠٣ ٪ / في الهواء الجوى ويتم ذلك بانتشار الغاز خلال ثغور الأوراق — وقت انفتاحها — الى داخل الورقة ثم الى داخل خلايا النبات حيث يستخدم هو والماء في وجود الطاقة الضوئية في تكوين الكربوهيدرات وهى عملية التمثيل الضوئى أو الكلوروفيل وتنقل هذه الكربوهيدرات بعد ذلك من الورقة الى مختلف أجزاء النبات وتحول الى المركبات اللازمة للنمو .

وظروف النمو داخل الصوبة قد تؤدي الى استهلاك ثاني أكسيد الكربون من هوائها فتقل نسبته فيه ، وقد عرفت العلاقة بين تركيز ثاني أكسيد الكربون في الهواء وشدة الضوء والتمثيل الضوئى من سنوات عديدة وأوضحت الدراسات أن الإنتاج يتحسن في الصوب المغلقة بزيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون في هوائها بشرط زيادة الاضاءة فيها .

العوامل التى تؤثر على امتصاص أوراق النبات لثاني أكسيد الكربون :

يتأثر المقدار الممتص من ثاني أكسيد الكربون بواسطة أوراق النبات بعدد من العوامل :

١- نوع وصنف النبات :

النباتات ذات الإنتاج العالى من التشويات مثل النرة تحتاج الى مقادير من

* يرجع الى تفصيلات أوفى عن هذا الموضوع في كتاب « الزراعة المحمية » ، عبد المنعم بلع وآخرون ، دار المطبوعات الجديدة .

ثاني أكسيد الكربون أكبر من غيرها التي لا تنتج هذا القدر الكبير من الكربوهيدرات .

٢- شدة الإضاءة :

التركيزات المرتفعة من ثاني أكسيد الكربون لا تفيد في الإضاءة المنخفضة فالإضاءة أمر أساسي في عملية التمثيل الضوئي وقد اتضح أن أقصى قدر من التمثيل الضوئي لأوراق أنواع مختلفة من النباتات عند شدة ضوئية ٢٠٠٠ شمعة /قدم وذلك في المستويات العادية من ثاني أكسيد الكربون ، ويزيد التمثيل الضوئي بزيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون فيكون أقصى قدر من التمثيل الضوئي للورد في حالة ٥٠٠ جزء /مليون عن ثاني أكسيد الكربون إذا كانت شدة الضوء ٣٤٠٠ شمعة — قدم فإذا زاد تركيز ثاني أكسيد الكربون الى ١٠٠٠ جزء /مليون لا يزيد التمثيل الضوئي إلا إذا ازدادت شدة الضوء الى ٤٠٠٠ شمعة — قدم .

٣- شدة الرياح :

تؤثر أساسا على انتشار ثاني أكسيد الكربون من كتلة الهواء الى الورقة . ومادام حديثنا عن النباتات داخل الصوب فيكون أثر هذا العامل معلوما . كما توجد عدة عوامل أخرى ذات تأثير على امتصاص النبات لثاني أكسيد الكربون مثل كفاية الماء ، تركيزات ثاني أكسيد الكربون في الهواء ، مقاومة انتشار الغاز خلال ثغور الأوراق ، المعاملات السابقة للنبات ، عمر الورقة ، درجة الحرارة وغيرها .

حقن ثاني أكسيد الكربون في هواء الصوبة :

يعاجل نقص ثاني أكسيد الكربون داخل الصوبة ، أو في حالة الرغبة في زيادة تركيزه — التسميد به — بحقنه في الهواء الداخل للصوبة وهي عملية تحتاج الى مراعاة العديد من العوامل أهمها الحرارة والضوء .

وقد أوضحت نجوى شحاته وزملاؤها (١٩٨٠) زيادة نمو نباتات فول الصويا والذرة الشامية في حجرات نمو Growth Chambers بزيادة ثاني أكسيد الكربون في الهواء الداخل الى الحجرات وأشاروا أن العامل المحدد للزيادة نتيجة الحقن كانت الإضاءة ومستوى التسميد بالنيتروجين .

طرق الحقن بثاني أوكسيد الكربون :

- إغلال المادة العضوية .
- ثاني أوكسيد الكربون المسال .
- حرق الغاز الطبيعي في مواقع خاصة لمد الصوبة بثاني أوكسيد الكربون .

ويحقن ثاني أوكسيد الكربون في الصباح الباكر ويستمر حتى غروب الشمس ، ويلاحظ أن الماء أحد نواتج الاحتراق فتزداد الرطوبة .

ويجب أن تكون عملية الحقن تحت المراقبة فيقدر ثاني أوكسيد الكربون في هواء الصوبة ويستخدم لذلك جهاز خاص .

وتوفير الكربون للنبات فثاني أوكسيد الكربون هو المركب الرئيسي في عملية التمثيل الضوئي التي ينتج عنها محتوى النبات من الكربوهيدرات . انجبت الاختبارات الى رش النباتات بالميثانول الذي أتضح أنه سريع التحول الى سكر واحماض أمينية بنفس سرعة تحول ثاني أوكسيد الكربون ، وفي طريق التحول الى سكر واحماض أمينية أوضحت بعض الدراسات باستخدام البكتريا والفطر أن الميثانول يتأكسد الى فورمالدهايد ثم يتحول الى فركتوز ٦ — فوسفات .

وقد أوضح نونومورا وبنزون Nonomura & Benson, 1992 أن محصول كل من الطماطم والفراولة والباذنجان والقطن والقمح وغيرها قد زاد بنسب متفاوت بين ٥٠٪ و ١٠٠٪ نتيجة رشها بالميثانول مع توفير الضوء الكافي بتعريضها لضوء الشمس ، أما في حالة وجودها في الظل فلم يتحسن المحصول في بعضها وظهر على بعضها الآخر أعراض التسمم .

منظمات النمو

تستخدم منظمات النمو في الزراعة الحقلية وفي البيوت الزراعية لتشجيع أو تثبط أو تحوّر بعض العمليات الفسيولوجية في النبات فهي إحدى وسائل التحكم في النمو . وغنى عن القول إنها مواد سامة اذا استخدمت بجرعات تزيد عن القدر المناسب منها .

وليس هناك ما يمنع استخدام منظمات النمو في نباتات الغشاء المغذى طبقا للوظيفة التي تؤديها وحسب ظروف النباتات النامية خصوصا نباتات الزينة والخضر .

وتختلف الاستجابة لمنظمات النمو حسب نوع النبات والجزء المعامل منه ومرحلة نموه ومقدار ونوع المركب المستخدم .

وتستخدم منظمات النمو رشاً على الأوراق أو في صورة رذاذ Aerosols أو تعفر بها النباتات أو تحقن بها .

ومنظمات النمو مجموعات من الكيماويات تؤدي كل مجموعة منها وظيفة معينة .

فالأوكسينات والجبريلينات والسيبتوكينيات وينطوي تحتها عديد من المركبات تعتبر مشجعات للنمو ومنها :

Indol Acetic Acid (IAA) حامض إندول الخليك

Alpha Naphthalene Acetic Acid حامض الفانفتالين الخليك

Indol Butyric Acid (IBA) حامض اندول البيوتريك

ويقلل سقوط الثمار .

أما ترى ايودو البنزويك Tri Iodobenzoic Acid فيشجع التزهير والإثمار المبكر ، وقد يحور شكل الورقة والنبات ويزيد كفاءة عملية البناء الضوئي .

ويعتبر مييد الحشائش 2, 4 D و 2, 4, 5 T من مركبات الأوكسينات ويستخدم محلول الأوكسينات في كحول الايثايل ثم يخفف الى ٥٠٠ أو ٥٠٠٠ جزء/مليون ويغمس النبات أو العقل في المحلول بسرعة وتستجيب كثير من نباتات الزينة لهذه المعاملة (عقل الكريزاتيم والقرنفل والجاردينا وغيرها في محلول ٥٠٠-٥٠٠٠ جزء/مليون) .

وقد يمزج الأوكسين مع بودرة التلك وتغمس قاعلة الشتلة في المخلوط ويتخلص من الزائد ويستخدم ١٪ - ١٪ أو مخلوط ١-٣٪ في حالة العقل الحديثة .

وتوجد مخاليط المسحوق أو المحلول في عبوات خاصة بالأسواق .
وأوضحت إحدى الدراسات أن استخدام جرعات ملائمة من 2,4-D مع بعض
العناصر الصغرى يزيد معدل النمو في بعض المحاصيل .

وينسب للجبريلينات مجموعة من التأثيرات على النباتات مثل :

- قطع طور السكون في أعضاء النبات المختلفة .
- تشجيع الإثمار البكرى .
- تشجيع الأزهار في بعض نباتات النهار الطويل وحث التفريعات التي
تنسب للتقسية بالتبريد في بعض النباتات .

وتستخدم الجبريلينات في إنتاج بذور الخيار المحجين F_1 وكسر طور
السكون في بذور البطاطس حديثة الحصاد . واقترح معاملة نباتات الزينة
لاحداث العديد من التفريعات المطلوبة . وقد اتضح أنه يزيد حجم ازهار
الجراثيوم عند استخدامه بتركيز ٢٥٠—٥٠٠ جزء/مليون لإسراع نمو نباتات
الجيرانيوم والفوشيا وزيادة طول أغصان أزهار الكريزانثيم .

وتشجع السيتوكينينات Cytokinins انقسام الخلايا واستطالتها ، وأوضحت
بعض الدراسات أنها تطيل عمر الخس وبعض الخضرا الورقية ويقلل البنزيل
ادينين (BA) Benzyl Adenine التلف الذي ينتج عن التبريد أثناء النقل وكان
تأثيره أكثر وضوحاً على الأزهار غير الناضجة وبذا قد يمكن جمع هذه الأزهار
في طور مبكر .

وقد شجعت بعض السيتوكينينات (بنزيل أمينوبيورين 6-Benzyl
aminopurine (PBA) نمو البراعم الجانبية لعدد من نباتات الزينة .

وتؤدي المعاملة بالكيتين Kinetin مع (1 A A) الى تحوير النمو في مزارع
أنسجة قمة النباتات .

وكما تؤدي منظمات النمو السابق الإشارة إليها الى تشجيع النمو توجد
منظمات النمو التي تثبط نمو النباتات منها :

— هيدرازيد المالك Maleic hydrazide تمنع انقسام خلايا القمة
المرستمية .

— توجد نحو سبع مجموعات من المواد التي تعوق استطالة النبات وتجعل النبات أكثر مقاومة للعطش منها النيكوتينوم ومركبات الامونيوم والهيدرازين والفوسفونيومات والكرولينات وأحماض السكسينيك مك Succinamic acids والانسيميدول Ancymidol وغيرها .

وقد انتجت شركة ICI مستحلب BONZI يحتوى ٤ جم /لتر لابطاء النمو فيعطى نباتات قوية ذات لون داكن وأوراق أغزر دون أن يقل حجم الأزهار أو فقدها للون الذى قد يحدث عند استخدام منظمات النمو فى بعض الأحيان .

وقد أمكن انتاج كيماويات — بديلات الفثلاميك Substituted Phthlamic أو بدلات حامض البنزويك Substituted Benzoic Acid تحدد وقت التزهير وعدد الأزهار بكل عنقود فى الطماطم وهى فى طور تكوين الورقتين الأولين كما تتأثر الفاصوليا أيضا بهذه الكيماويات .

وقد انتجت شركة Amchesn Products Inc. مركبا اطلق عليه CEPA أو Ethephon أو Ethrel له قدرة على جعل النباتات المعاملة قادرة على انتاج اثيلين الذى يقوم مقام المعاملة بغاز الاثيلين ويستهدف دفع النبات نحو النضج خصوصا بذور الهجن القوية Hybrid ويمكن رشه على النباتات .

البيوت الزراعية (الصوبات)

للبيوت الزراعية دور هام فى الزراعة بدون أرض وقد ورد ذكرها فى سياق حديثنا عن تقنيات الغشاء المغذى أو الهيدروبونيكس أو الزراعة فى البيئات الخاملة ، والبيانات التى نذكرها فى هذا الباب إشارة إلى النقاط الهامة فى إنشاء البيوت الزراعية ، غير أننا ننصح بالاطلاع على بعض المطبوعات^(١) المتخصصة لتفصيلات أوفى عن إنشاء وإدارة هذه المنشآت خصوصاً وأن الإستثمارات التى تحتاجها عادة كبيرة .

تختلف البيوت الزراعية فى أشكالها وأحجامها والمواد التى تصنع منها والتجهيزات التى تحتاجها إختلافاً كبيراً ، وتختلف بالتالى الإستثمارات اللازمة لإنشائها .

قبل الشروع فى إنشاء الصوبة يجب أن تدرس جميع النواحي ذات الصلة بالإستثمارات اللازمة المستهدفة وطرق التسويق وأن يتم ذلك فى صورة دراسة جدوى تقنية وإقتصادية متكاملة .

ويتأثر إنشاء الصوبة بعدد من العوامل منها :

الموقع : يحدد ملائمة الموقع لإنشاء صوبة عوامل كثيرة مثل أسعار الأراضي وتوفر الأيدى العاملة وتوفر مصدر للماء والقرب من الأسواق وسهولة الوصول إلى الصوبة .

المناخ : يجب أن يحصل صاحب الصوبة على تفاصيل مناخ المنطقة التى اختارها ، ولتحديد إتجاه الرياح ذو أهمية خاصة .

تضاريس الموقع : من ناحية وجود المرتفعات والمنخفضات والانحدار .

(١) انظر كتابنا « الزراعة المحمية » ، الناشر دار المطبوعات الجديدة .

ملحقات الصوبة : تحتاج الصوبة إلى مخازن ومكاتب وغرف تبريد وموقع للشحن والتفريغ بالإضافة إلى المساحة الأصلية للصوبة .

إتجاه الصوبة : يجب أن يتوافق مع مناخ الموقع خصوصا من ناحية تقليل أثر الرياح والظل .

كما يجب أن يختار الموقع بحيث لا تتأثر الصوبة بظل المباني أو المرتفعات أو الأشجار المجاورة وأن تستقبل أكبر قدر من أشعة الشمس .

إنشاء الصوبة :

البيت الزراعى أو الصوبة عبارة عن هيكل وسقف ، ويتم إنشاء الصوب فى مصر عادة بواسطة شركات متخصصة .

مواد بناء الهيكل :

تستخدم مواد مختلفة فى إقامة الهيكل ، وكانت الصوب سابقاً من الخشب ثم استخدم الحديد فى صناعة الهيكل ، والمادة الغالبة الآن هى الألومنيوم .

مواد غطاء الصوب :

كان الزجاج هو المادة الأساسية المستخدمة فى تغطية الصوب لما يتصف به من قدرة على نفاذ ضوء الشمس خلاله ، ثم انتشر البلاستيك ، وأكثر الأغشية البلاستيكية شيوعاً هو البولى اثيلين Polyethylene وهو نسيج سمكه ٠.٠٢، ٠.٠٥ مم لا ينفذ السوائل ولا يتأثر بالأحماض أو الأسمدة أو الكيماويات الزراعية ويتحمل درجة حرارة بين - ٦٠°م حتى + ٩٥°م ، ويمكن استخدامه لمدة ٢ - ٤ سنوات .

ويعاب على أغشية PE أنها تنفذ الأشعة الحرارية أثناء الليل من داخل الصوبة الدافئ إلى خارجها . وقد أنتجت الصناعة PE-IR قليل النفاذية للأشعة تحت الحمراء PE-Infrared ذا لون أصفر يزيد فيتامين C فى الطماطم ، و PE بنفسجى يكرر نضج الفاصوليا الخضراء ، و PE أسود بإضافة الكربون أثناء

صناعته فلا يتأثر بالأشعة فوق البنفسجية . وهو غشاء قوى يصنع في لفات ١٠٠٠ م وعرض ٧٥ - ١٢٠ سم .

كما أنتج غشاء كلوريد البولي فينيل Poly Vinyl Chloride (PVC) يمكن استخدامه ٢ - ٤ سنوات يتحمل حرارة ٢٠° م ومقاوم للأحماض والكيماويات ذو نفاذية للضوء ٩٠٪ يمتص الأشعة تحت الحمراء ولذا لا ينفذ الأشعة المنعكسة من داخل الصوبة ليلاً إلا بنسبة ١٠ - ١٥٪ ، ومنه نوع مقوى يستخدم ١٠ - ٢٠ سنة .

وغشاء خلايا البولي فينيل Poly Vinyl Acetate (PVA) يجمع بين خواص PE و PVC قليل النفاذية للأشعة تحت الحمراء غير منفذ للأشعة فوق البنفسجية UV يعتبر من الأغشية المفضلة .

البلاستيك الصلب :

تحقق هذه المواد نفاذاً أفضل للضوء وخفضاً في التكلفة ومنها :

١- ألواح الأكريليك وهي ذات سمك ولون مختلف وينفذ الضوء خلالها بدرجات مختلفة ويمكن التحكم في درجة النفاذية بإضافة الألوان أو باختلاف السمك ، مقاومة للتجوية .

٢- ألواح كلوريد بولي فينيل Poly Vinyl Chloride (PVC) لم تستخدم في الصوب لعدم مقاومتها للضوء .

٣- ألواح البلاستيك المقوى بالألياف الزجاجية Fiberglass-Reinforced Plastic Panels (FRP) ، ويجب الإتفاق على مواصفاته قبل شرائه .

تصميمات البيوت الزراعية :

اتضح أن أفضل ما ينفذ أشعة الشمس هو السقف المنحني أو نصف الدائري . وأغلب البيوت الزراعية الأمريكية تتبع نظام الأسقف ذات القمم أو الأسقف المنحنية .

الأسقف ذات القمم المدببة :

تغطي هذه البيوت بالزجاج أو ألواح FRP كما يستعمل بعض الزراع أغشية البلاستيك المزودة المتفخخة بالهواء كسقف مؤقت حتى يمكنهم تركيب الغطاء المناسب المستديم .

كما يستخدم أيضاً نفس الهيكل المستخدم في إنشاء الورش الصناعية ٤٠×١٦٥ م مع سقف FRP ، ويتكون من عدة أهرامات متوالية (قمم وقنوات) .

الأسقف المنحنية :

أصبحت هذه الأسقف المنحنية الشكل الغالب منذ السبعينات لإنخفاض تكلفتها عن الأسقف ذات القمم المدببة ويصلح لإستخدام الأغشية الصلبة وغيرها .

الأسقف المنفوخة :

عبارة عن غشاء ذى طبقتين يصبح صلباً وثابتاً نتيجة امتلائه بالهواء ويشد غشاء ذو سمك ٦ مم على هيكل البيت الزراعى ويلحم من جميع الحواف الخارجية وينفخ بواسطة مضخة تدفع فيه الهواء بين طبقتيه .

الأنفاق :

يشيع استخدام الأغشية البلاستيكية في هذا النوع من الصوبات ذات الهيكل المبسط ، فبدلاً من « جمالون » تستخدم أقواس من المواسير المجلفنة ذات قطر ٢ — ٥ سم حسب حجم وإرتفاع النفق وتتوالى هذه الأقواس كل ٢,٥ — ٣ م حتى نهاية النفق . وهناك نوعين من هذه الأنفاق :

الأنفاق العالية High Tunnels :

يشيع استخدام الأغشية البلاستيكية في هذا النوع من الصوبات ذات

الهيكل المبسط فبدلاً من « الجمالون » التقليدي الضروري في حالة التغطية بالزجاج أو ألواح FRP تستخدم أقواس من المواسير المجلفنة ذات قطر ٢ - ٥ سم حسب حجم وارتفاع النفق وتتوالى هذه الأقواس كل ٢,٥ - ٣ م حتى نهاية النفق ، ولزيادة تقوية هذا الهيكل تمد ماسورتان بطول النفق فوق سطح الأرض على الجانبين ويلحم لكل منهما الأطراف السفلى للأقواس ثم تثبت ماسورة أخرى بطول النفق مارة بوسط الأقواس وماسورتان على جانبي الماسورة الوسطى .

قد يبلغ عرض البيت الزراعي نحو ٨ - ٩ م وارتفاعه ٣,٢ م والمسافة بين الأقواس تتراوح بين ١,٥ - ٢ أو ٢,٥ م ، وتربط الأقواس مع بعضها خمس مواسير طولية قطر كل منها ٣٢ مم وسمكها ١,٥ مم ، ويوجد عادة « حمالة محاصيل » على كل قوس ما عدا القوسين الأول والأخير ، ويزود كل بيت بأسلاك مجلفنة تشد وتثبت الهيكل الخارجي ، ويجهز النفق بباب في كل طرف ارتفاعه متران وعرضه أقل من عرض النفق يفتح إلى أعلى وداخله باب أصغر يفتح جانبياً وتجهز الأبواب بمقابض ، وعلى جانبي النفق تفتح نوافذ بطول النفق تغطي بالبلاستيك تغلق وتفتح بأداة يدوية .

الأنفاق المنخفضة Low Tunnels :

تعتبر هذه الأنفاق تبسيطا في إنشاء الأنفاق الكبيرة ، فهيكلك النفق عبارة عن أقواس من الحديد المجلفن ذى سمك ٦ مم كما يستخدم أيضا أنابيب توصيل الماء أو حديد التسليح ١٠ مم فتثنى على هيئة أقواس ، ويحدد طول السيخ أو « الماسورة » عرض النفق وارتفاعه ويغرس ٤٠ سم من طرفي السيخ من كل جانب في الأرض ، وتتباعد الأقواس عن بعضها بمسافة ٢,٥ - ٣ م ويستعمل في تغطية النفق غشاء البولي اثيلين بطول ٢,٥ - ٣ م وسمك ٠,١ مم ويثبت طرفا الغشاء عند طرفي النفق تحت التربة أو يضمنان ويربطان وتند خشبي .

ومن هذه الأنفاق المنخفضة ما يكون أقل ارتفاعا (٩٠ سم) وعرضا (١٥٠ - ١٦٠ سم) وتتوالى الأقواس كل ٢,٥ م ويثبت القشاء فوق الأقواس باستخدام حلقات تم لحمها في الأقواس وتمرير حبال خلال هذه الحلقات تزداد مقاومة الغطاء للرياح .

تجهيزات تدفئة الصوبة :

- ١- غلايات مختلفة تنتج ماء ساخنا وبخار ماء يتوزع في أنابيب (مواسير) من الحديد على أجزاء الصوبة .
- ٢- أفران احتراق الغاز .
- ٣- أجهزة تدفئة تستخدم الأشعة تحت الحمراء .

وتوجد نظم لتوزيع البخار على جوانب الصوبة ، فوق النباتات وأسفل القنوات أو بجانبها حتى يكون توزيع الحرارة أكثر انتظاما بالصوبة وتستخدم مراوح لخلط الهواء (لتوزيع الحرارة الناتجة من الأنابيب) ويلاحظ أن وضع المراوح وسط الصوبة ، يكون منطقة أبرد نوعا في وسط الصوبة ، ومنطقة هواء أدفأ نوعا عند الجوانب . ويحدث نفس التوزيع مع عدم انتظام دورة الهواء إذا وضعت المراوح أسفل أنابيب البخار (السريتينه) الساخن .

ويستخدم أجهزة متعددة الأنابيب وتعطى توزيعا أفضل للهواء الدافئ داخل الصوبة .

تجهيزات تبريد الصوبة :

يتقدم التكنولوجيا تحولت التهوية اليدوية إلى جهاز يعمل ذاتيا عند الوصول إلى درجة حرارة معينة .

تلخص التهوية اليدوية في عمل فتحات خاصة بالسقف يخرج منها الهواء الساخن ، كما تفتح الفتحات الجانبية فتكون حركة دائرية للهواء . ويعتبر تغيير الهواء بالصوبة كل دقيقة مناسبة ولو أن الجهاز الشائع لا يحقق ذلك تماما إنما يحرك الهواء في نمط يلائم النباتات .

وتوجد أنظمة تهوية علوية تعمل ميكانيكياً بواسطة أداة خاصة تفتح شرائح البلاستيك وتغلقها . كما نزود الصوب أيضاً بأنظمة تهوية جانبية .

ويستخدم عدة وسائل لتبريد الهواء الداخل إلى الصوبة منها :

- ١- لبادات أو وسائل التبخير والمروحة .
- ٢- التبريد بالتظليل .
- ٣- التبريد بواسطة رزاز الماء أو الضباب .
- ٤- التبريد بحرارة الإنصهار الكامنة في الأملاح .

وفي حديثنا عن حرارة الصوبة تقتضى الإشارة إلى ضرورة وجود مقاييس للحرارة — ترمومترات . توضع على لإرتفاعات مساوية لإرتفاع النباتات وأفضل الترمومترات ما يسجل — كتابة — درجات الحرارة فيعرف الزارع درجة حرارة الصوبة على مدار ٢٤ ساعة .

وتثبت درجة الحرارة في الصوبة باستخدام الترمومترات .
(Pneumatic thermostat) وقد بدأ استخدام الأجهزة الأليكترونية لثبيت درجة الحرارة مثل جهاز Thermister .

تجهيزات التظليل والإضاءة :

تستخدم عدة وسائل للتظليل مثل :

- التغطية بألواح نصف شفافة من البول أستر المقوى بالزجاج مع شرائط من ورق الألومنيوم ، ويتخذ هذا الغشاء نحو ٣٥٪ من ضوء الشمس .
- تنتج إحدى الشركات التمسلاوية أغطية بلاستيك ذات لون أخضر وتذكر أنه يقلوم التلف والإنحلال سواء بالأشعة فوق البنفسجية أو الحرارة وله نفس عمر الغطاء الأسود شائع الإستخدام ويخفض الحرارة بينما الغطاء الأسود يمتص الحرارة .

— استخدمت ستائر أظفية داخلية من الألومنيوم تسمح بنفاذ نسب مختلفة من الضوء وتغطي النباتات .

— اقترحت الستائر المعدنية من خارج الصوبة Venecian Shades .

أجهزة قياس الضوء :

قياس الإشعاع على مدى الطيف كله معياراً عنه بوحدات مطلقة مثل الواط والارج والسعر أو وحدات قياس الإشعاع الشمسى .

أجهزة الإضاءة التكميلية :

يختلف تجهيز الصوبة بمصادر الإضاءة الإضافية باختلاف أنواع المصاييح ، فمصاييح الفلورسنت يمكن الحصول عليها بأطوال مختلفة ذات إضاءة قياسية ، Standard ٤٠ وات عالية أو عالية جداً وغالباً تثبت داخل الصوبة فى مجاميع من اثنين أو أكثر فوق النباتات مباشرة .

وتوجد نظم تحرك مصاييح الفلورسنت بامتداد ممرات الصوبة ولو أنها تخفض تكاليف المصاييح والأسلاك إلا أنها تزيد تكلفة التشغيل الآلى .

قياس مستوى ثانى أوكسيد الكربون :

يستخدم جهاز خاص لتقدير تركيز هذا الغاز فى هواء الصوبة يتكون من مضخة يدوية صغيرة تضخ الهواء فى أنبوبة زجاجية تحتوى مادة كيميائية حساسة لثانى أوكسيد الكربون فيتغير لونها عند إمتصاصها للغاز . وتدار المضخة عدداً محدداً من المرات ويقاس طول الأنبوبة الذى تحول فيه اللون ويعطى هذا القياس مستوى ثانى أوكسيد الكربون فى الهواء الذى مر خلال الأنبوبة ولا تستخدم الأنبوبة غير مرة واحدة .

تجهيزات البيوت الزراعية :

تجهز البيوت الزراعية بالعديد من الأجهزة والأدوات خصوصاً حيث

تكون التدخلة ضرورية وعندما يراد السيطرة الكاملة على ظروف النمو وتشمل التجهيزات بالإضافة إلى التدخلة لأجهزة التبريد والإضاءة والتضبيب والحفن بثاني أكسيد الكربون فضلا عن أجهزة القياس من ترمومترات وهيجرومترات وقياس الاضاءة وغيرها .

كما يجب أن تكون التجهيزات المكتملة للصوبة قادرة على أعمال الإصلاح المختلفة ومكافحة الحرائق والوقاية منها .

إعداد الشتلات

لا ينصح عادة باستخدام البذرة مباشرة في أى طريقة من طرق الزراعة بدون أرض فالأفضل دائما هو تبيت البذور خارجيا ثم نقل النباتات (الشتلات) إلى قنوات الغشاء الغذى أو غيرها .

كما لا ينصح بتنمية البذرة وإعداد الشتلة في التربة ثم نقلها إلى القنوات ولو أن ذلك يمكن اتباعه إذا كان أمراً ضرورياً ، فالشتلات التى تعد في التربة قد تكون حاملة لأمراض فطرية مختلفة كما أن تغيير ظروف نمو الجنور تغيرا شديداً من التربة إلى الماء قد لا تحمله الجنور . ويعمد البعض إلى تنمية الشتلات في بيئة رملية وتغذيتها بمحلول مغذٍ يحتوى جميع العناصر الضرورية .

وكثيراً ما تستتبت البذور بين طبقات من « قماش الجنبه » المرطب بماء الصنيور أو محلول مغذٍ مخفف ، وعندما تبدأ الجنديرات في اختراق القصرة — قشرة البذرة — تنقل إلى « شبكة إنبات » مصنوعة من قماش الشباك التى سبق غمرها في برفين ساخن حتى تحتفظ بغشاء دقيق منه وتفرّد هذه الشبكة على طبق من الإنامل ذى حجم مناسب وتربط بإحكام تحت حافة الطبق ويصب محلول مغذٍ مخفف فوق الشبكة حتى يمتلئ الطبق ويصبح المحلول ملامسا فتوضع البذور المنتبة على الشبكة فتتم وتغذى شتلات خالية من الأمراض . ويجب ملاحظة مداومة تكملة المحلول إلى مستوى الشبكة كما كان خصوصاً في الأيام الحارة .

العناية بالشتلات :

لتقليل البخر في حالة تنمية الشتلات في البيئات الرملية يجب تغطية الوعاء الذى تنمو به الشتلات بطبق زجاجى أو شفام ويرفع جزئياً بمجرد انبثاق النباتات من الرمل لتحصل على حاجتها من الهواء ولكن لا يرفع كلية إذا كان الجو جافاً .

ويجب تجنب الأماكن الحارة عند إنبات البنور فالحرارة الزائدة تعطى نباتات ضعيفة وأفضل درجة حرارة لفترة الإنبات هي ١٥ — ٢٠°م وبعد إنبات البنور في الرمل تعرض للشمس لمدة لا تزيد عن ساعة واحدة في اليوم الأول وتزداد هذه المدة تدريجياً حتى تقوى النباتات على البقاء في الشمس طوال اليوم . وفي الجو الملائم يوضع صندوق الانبات في العراء مع وجود بعض الظل .

عملية الشتل (نقل الشتلات) :

عندما يصل طول الشتلات نحو ١٥ — ٢٠ سم تصبح صالحة للنقل . ويجب ملاحظة الحرص الشديد عند إخراج الشتلات من الرمل حتى لا تتمزق جذورها ، والطريقة المفضلة هي إغراق الرمل بالماء لتفكيك الجذور ثم ينزع كل نبات باستخدام ملعقة ويفضل إستخدام سباتيولا خشبية .

عند غرس الشتلة في حالة بيئات المواد الحاملة لا توجد أى صعوبة في غرس الشتلة فيها أما في الهيدروبيونيكس فتوضع في ثقب صغير في الشبكة والمرقد بحيث تنفذ الجذور من خلال الشبكة السلكية لتصل إلى المحلول المغذى أسفلها . ثم تضغط على الفرشة حول النبات لتثبته . ويجب مراعاة أن يكون مستوى المحلول المغذى بحيث يغطي أطراف الجذور وأجزاء مختلفة من الجذور نفسها في الفترة الأولى . إذ يجب ألا يغمر الجذر كله في المحلول ، ولذا يكفي بأن يغمر المحلول الأجزاء السفلى من الجذور وأن تترك مسافة بين قاع الصينية وبين سطح المحلول ، وبمداومة نمو النباتات ينخفض مستوى المحلول .

ولا ترفع الصينية من الأوعية خلال الأسبوعين أو ثلاثة الأسابيع الأولى بعد نقل الشتلات ، وقد سبق أن أشرنا إلى أهمية أن تكون الصينية أقصر من طول الرعاء حتى يمكن تنفيذ ما يتطلبه العناية بالخلول من عمليات .

أما في حالة نقل الشتلات إلى قنوات الغشاء المغذى فقد سبق أن أوضحنا ذلك .

وفي حالة النباتات الدرنية يحسن إتباع الآتي :

تقطع درنات البطاطس بحيث تحتوى كل قطعة برعما أو أكثر وتوضع هذه القطع في الرمل أو في نشارة الخشب التي تستمر مرطبة حتى تبدأ السويقة في البزوغ ، وتتكون الجذور فتصبح قابلة للنقل . ولما كانت الجذور في هذا الطور شديد القصر فيجب وضع الدرنه مباشرة على سطح الشبكة السلوكية في الصينية ويضغط عليها بجزء من الفرشة . وبملء الوعاء ترفع الدرنات تدريجيا بإدخال بعض الفرشة تحتها حتى تصبح الدرنه أبعد من الشبكة بعدة سنتيمترات مع ملاحظة أن تستمر الجذور في الخلول .

أما في حالة الإكثار من العقل فيمكن إنباتها في الرمل كما هي الحالة في الزراعة بالأرض ، غير أن إضافة العناصر المغذية إلى الماء تجعل خروج الجذور أسرع وأكثر ضمانا مما لو كان ترطيب الرمل بالماء دون مغذيات .

ومن الممكن استخدام بعض الهرمونات التي تشجع نمو الجذور في حالة الإكثار من العقل .

وفي حالة إكثار الإنبال يجب لف كل بصلة على حدة في مادة الفرشة حتى لا يتشرب العفن ولا يوجد تقنيات أخرى غير ما يتبع في الزراعة العادية كما يحسن أن تظل حتى تبدأ الأزهار في التفتح .

إنتاج الشتلات بإستخدام تقنيات زراعة الأنسجة :

مارس الزراع إكثار النباتات خضريا باستنبت أجزاء من هذا النبات منذ

وقت طويل ، فطريقة الاكثار بالعقلة أو بغرس فرع من النبات أو بغرس درنة ، كل ذلك أمر معروف لدى زراع الحاصلات والخضر ونباتات الزينة والأشجار على اختلاف أنواعها .

وحاول بعض الباحثين إكثار النبات باستخدام أجزاء من الجذر أو باستنبات أوراقه ، وكانت محاولة عالم النبات الألماني Gottlieb Heberlandt استنبات أوراق بعض النباتات الزهرية سنة ١٩٠٢ أهم هذه المحاولات التي مهدت الطريق حتى سنة ١٩٣٠ ، ومنذ هذا الوقت استخدمت وسائل متطورة أدت إلى إمكان استنبات بعض الجنور المفصولة من بعض النباتات ، وفي سنة ١٩٣٨ أمكن إنبات نسيج الكالوس Callus من الجزر .

ومنذ سنة ١٩٦٠ تقدمت طرق استنبات مختلف أنسجة النبات حتى الخلية الفردية بل وبرتوبلاست الخلية نفسها . ولم تلبث الطريقة أن شاعت ومارسها العديد من المتخصصين المدربين لإنتاج النباتات الاقتصادية على مستوى تجارى .

وتحقق طريقة إكثار النباتات باستنبات أنسجتها المختلفة عددا من المزايا التي لم تكن ميسورة بغير استخدام هذه الطريقة مثل الآتى :

— استخدام جزء صغير من النبات فى عملية الاكثار مما يسمح باكثار آلاف النباتات من نبات واحد أو على وجه الدقة من عضو واحد من النبات المختار .

— تقتضى الطريقة السيطرة الكاملة على ظروف النمو وبذا يمكن استخدامها على مدار السنة .

— يمكن تجنب التدهور فى صنف النبات الذى يصيب النبات عند إكثاره خضرىا بالطرق التقليدية .

— يمكن إكثار أصناف وأنواع النباتات التى يصعب إكثارها بالطرق الخضرية التقليدية .

- إكثار أصناف خالية من مسببات المرضية خصوصا الفيروسية .
- في مجال تربية النباتات تعتبر طريقة سريعة لإكثار الهجن الجليدة الناتجة من نبات واحد ، وكذا طريقة للحصول على نباتات أحادية التركيب الوراثي وذلك عن طريق استنبات التلك .

وفي طريقة الغشاء المغذى يقتضى الأمر الحصول على شتلات خالية من الأمراض وبذا لا يتصح بإعداد هذه الشتلات في التربة ، فالمعروف أن التربة ملوثة بالعديد من الكائنات الدقيقة الممرضة للنبات ، فطريقة الحصول على الشتلات من نباتات نتجت من استنبات الأنسجة ، تكفل خلو هذه الشتلات من مسببات الأمراض خصوصا وأن خطوات استنبات الأنسجة تتضمن كخطوة أساسية التعقيم الكامل لكل ما يتصل بالعملية كما ستوضح ذلك فيما يلي :

من الواضح أن لفظ زراعة الأنسجة لفظ عام فأنسجة النبات التى تستخدم في هذه التقنيات مختلفة ولكل نوع منها تقنية وشروط قد تختلف عما يتبع مع نسيج عضو آخر . وقد أمكن استخدام أنسجة من الأجزاء النباتية الآتية في هذه التقنية :

- مزارع الأعضاء النباتية مثل قمم الأفرع الخضرية وقمم الجذور وبراعم الأوراق وبراعم الأزهار والأجزاء الزهرية غير المتكاملة ، وكذا الثمار غير كاملة النمو .
 - مزارع الأجنة وفيها تستخدم الأجنة كاملة أو غير كاملة النمو بعد فصلها .
 - مزارع الكالوس Callus وهى كتلة من الخلايا .
 - معلق الخلايا وتتكون من خلايا تنمى على يثات سائلة .
- ويعر إكثار النباتات عن طريق استنبات الأنسجة بثلاث مراحل :
- (أ) الزراعة في وسط معقم خالي من التلوث .

(ب) إنقسام وتضاعف النسيج النباتى .

(ج) تكوين الجامع الجذرية والهيئة لنقل النبات الجديد إلى البيئة المستديمة .

ويتطلب نمو الأنسجة والأعضاء المزروعة — مثل النباتات الكاملة — وجود جميع العناصر التى سبق ذكرها كأصلاح فى المحلول المفلنى وهى النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم والكالسيوم والحديد والمنغنسيوم والكبريت والمنجنيز والنحاس والزنك واليرون والموليبدنم . ويجب توفر غاز الأوكسجين ويضاف الكربون فى صورة سكر على خلاف ما سبق ذكره بالنسبة للنباتات الكاملة التى تستخدم ثاى أوكسيد الكربون من الهواء الجوى ، كما يضاف إلى بيئة النمو أيضا الأحماض الأمينية ومجموعات فيتامينات وهرمونات النمو .

مراحل الاكثار : Propagation stages :

سبق أن ذكرنا أنه يوجد ثلاث مراحل للاكثار بزراعة الأنسجة النباتية هى :

أولا : الزراعة فى وسط معقم خالٍ من التلوث :

فى هذه المرحلة يتم تحضير الجزء النباتى الملائم ويفتضى ذلك تعقيم السطح الخارجى لهذا الجزء النباتى للقضاء على جميع الأحياء الدقيقة الموجودة عليه ، وللتخلص من جميع أنواع التلوث . وتم عملية التعقيم والتطهير كما يلى :

١ — غسل الجزء النباتى جيدا بماء الحنفية بوضعه تحت تيار مائى لمدة ساعة . وفى حالة وجود طبقة شمعية تغطى السطح الخارجى لذلك الجزء ينصح بفصله بأحد المنظفات الكيميائية detergent حتى يكون هذا السطح أكثر قابلية للبلل .

٢ — يغمر الجزء النباتى المغسول بالماء فى محلول التعقيم الذى يحتوى على

٥ - ٦٪ من هيوكلوريت الصوديوم في ماء مقطر معقم . ويختلف تركيز هذه المادة في محلول التعقيم والفترة الزمنية اللازمة للتعقيم باختلاف أجزاء النباتات . ويضاف إلى محلول التعقيم بضع قطرات من مادة ناشرة مثل Tween 20 أو Polyoxythylene أو غيرها لتساعد على إزالة التوتر السطحي للجزء الباقي المراد تعقيمه مع ملاحظة ضرورة تعقيم المادة الناشرة قبل اضافتها إلى محلول التعقيم باستخدام جهاز التعقيم .

٣- تفصل الأجزاء النباتية عدة مرات بماء مقطر معقم لإزالة ما تبقى من المادة المعقمة على السطح الخارجي للأجزاء النباتية .

٤- يقطع الجزء الباقي إلى أجزاء حسب الحجم المطلوب للزراعة ويوزع في البيئة السابق تجهيزها .

ثانيا : انقسام وتضاعف النسيج الباقي :

تتبع عدة طرق لتشجيع الأجزاء النباتية على الانقسام والنمو حتى تتكون نباتات جديدة كاملة :

١ - زراعة ونشوء البراعم الطرفية والجانبية :

يمكن تشجيع البراعم الطرفية والجانبية على النمو في البيئات الغذائية بحيث ينمو البرعم الواحد ليكون فرعاً واحداً أو عدة أفرع معتمداً في ذلك على نوع النبات والوسط الغذائي . وقد يحدث أن يتكون كالوس Callus في منطقة اتصال البرعم مع الوسط الغذائي ومن ثم تخصص خلايا الكالوس مكونة منطقة مرستيمية تنمو وتتطور إلى أفرع Shoots . والنباتات التي تسلك هذا النوع من النمو محدودة العدد من حيث إنتاجها أو تكوينها للنباتات الكاملة بطرق زراعة الأنسجة ، بالقياس إلى تلك التي تكون الكالوس Callus . وبشكل عام فإن هذه الطريقة يمكن تطبيقها مع عدد من النباتات الخشبية Woody plants والتي لها قدرة على إعطاء براعم عرضية Adrentitious buds التي لا تنجح في تكوين أجنة جسمية Somatic embryogenesis .

٢ - زراعة الأنسجة المرستمية Meristem Culture :

تعتبر طريقة محورة لطريقة زراعة البراعم السابقة . وتتميز هذه الطريقة بانتشار استخدامها عن زراعة البراعم . والخلايا المرستمية ذات قابلية عالية للانقسام وتكون خالية من مبادئ الأوراق leaf primordia وتقع في الجزء المتطرف جدا من الفرع .

٣ - نشوء الأفرع العرضية :

يمكن تشجيع نمو الأجزاء النباتية وتكوين غموات أخرى في عيشت غذائية صناعية في كثير من الأنواع النباتية . ومن هذه الأجزاء النباتية ، الجنور ، الأوراق والأفرع ... الخ . وتستخدم هذه الغموات العرضية لإنتاج أعداد كبيرة من النباتات . وعلى سبيل المثال فإن ورقة نباتية واحدة يمكن أن تنتج آلاف البراعم أو الأفرع وجميعها يكون مطابقا وراثيا للجزء النباتي الذي أخذ منه .

٤ - تكون الجنين الجسمي Somatic Embryogenesis :

يستخدم تكوين الجنين الجسمي في إنتاج الأعداد الكبيرة من النباتات . إذ يمكن أن تتحول الخلية المفردة لتنتج جنينا أو جزءا نباتيا معنا يتحول فيما بعد إلى نبات كامل . واستخدمت هذه الطريقة بنجاح مع العديد من النباتات الراقية مثل الجزر والبيتونيا .

ثالثا : تكوين انجمامع الجلدرية والتجهيز لنقل النبات الجديد إلى البيئة المستديمة :

من المحتمل أن تتكون لعند من الأفرع الناتجة في الوسط الغذائي جنور ، إلا أنه من الأفضل نقلها بعد تجزئتها إلى وسط غذائي آخر لتكون مجاميع جذرية جيدة ثم تنقل إلى البيئة المستديمة .

وتفقد النباتات بعد اخراجها من الوسط الغذائي ونقلها إلى البيئة المستديمة ، كمية كبيرة من الماء عن طريق الأوراق . وقد يموت بعض الأفرع بعد نقلها

إلى البيئة المستديمة نتيجة ذبول النباتات . ويمكن التغلب على مشكلة الذبول
بعدة طرق كما يلي :

١ — تعريض النباتات إلى شدة إضاءة عالية تتراوح بين ٣٠٠٠ — ١٠,٠٠٠
شمعة ضوئية .

٢ — تغطية النباتات بغطاء بلاستيكي ، ويرفع هذا الغطاء تدريجيا حتى تتأقلم
النباتات وفق ظروف البيت الزجاجي .

٣ — استخدام الري الضبابي Mist irrigation لمدة أسبوع أو اثنين بعد نقل
النباتات إلى الصوبة .

مزارع الكالوس Callus Culture :

يعتمد نجاح تكوين الكالوس بصورة رئيسية على الوسط الغذائي والظروف
البيئية المحيطة . ويوجد عدد قليل من الأنسجة النباتية لا يستجيب إلى تكوين
الكالوس في الوقت الحاضر .

ولقد تم تنمية وفصل الكالوس من الأجزاء النباتية للنباتات المزهرة بنجاح
خاصة من ذوات الفلقتين . كما أوضحت البحوث إمكان تكون الكالوس أيضا
من نباتات ذوات الفلقة الواحدة . وبشكل عام يمكن القول إن جميع النباتات
لها القدرة على إنتاج الكالوس عند زراعة أجزاء منها في أوساط غذائية مهيأة
لهذا الغرض . ومن هذه الأجزاء :

- | | |
|--------------------|-----------------------------------|
| Vascular Cambia | ١ — النسيج المرستيمي الوعائي |
| Storage Parenchyme | ٢ — الخلايا البرنشيمية المخزنة |
| Catyledons | ٣ — منطقة الفلقات |
| Pericycle of roots | ٤ — منطقة الدائرة المحيطة بالجذور |
| Endosperm | ٥ — الاندوسيرم |
| Leaf mesophyll | ٦ — النسيج الوسطي للأوراق |
| | ٧ — أنسجة مرستيمية أخرى . |

هذه الأجزاء يمكن أن تنمو وتعطي كتلا من الأنسجة غير المعززة وذلك إذا زرعت على بيئة مغذية تحتوي على أملاح معدنية وجلوكوز والحمض الأميني سيستين والثيامين واندول حمض الخليك ، وتعرف هذه الأنسجة باسم الكالوس .

وقبل الحصول على نسيج الكالوس ، يجب تعقيم الجزء النباتي الذي سيفصل من النبات . فإذا كان هذا الجزء النباتي سيفصل من شتلة أو بادرة صغيرة يجب تعقيم البذرة قبل زراعتها وتشرها للماء وانتفاخها . كما يجب إنبات هذه البذور تحت ظروف معقمة . بعد ذلك يمكن فصل العضو النباتي الملالم . باستخدام مشروط حاد معقم ثم ينقل الجزء النباتي المفصول إلى بيئة آجار مغذية . أما إذا كان الجزء النباتي الذي سيفصل ناضجا كجذر الجزر أو درنة البطاطس ، فيعقم العضو النباتي قبل فصل قطعة النسيج منه ويفضل أن يكون النسيج المفصول من داخل العضو النباتي . وتختلف المدة اللازمة لتكشف نسيج الكالوس حتى يبلغ الحجم الذي يمكن معه أخذ أجزاء منه (٥٠ — ١٠٠ ملليجرام) وإعادة زراعتها في بيئة طازجة جديدة بين ٣ و ٨ أسابيع .

الوسط الغذائي القياسي :

إن تكشف نسيج الكالوس لا يحتاج إلا إلى بيئة مغذية بسيطة . هذه البيئة هي خليط من أملاح العناصر الغذائية مع السكروز كمصدر للكربون . إلا أنه في بعض الحالات يحتاج تكشف إلكالوس إلى العديد من المواد الأخرى الواجب إضافتها إلى الوسط الغذائي ليصبح ملائما لنموها ، ومن أهم هذه المواد المضافة إلى الوسط الغذائي الفيتامينات ، الأحماض الأمينية ، السكر الكحولي ، الأوكسينات وبقية منظمات النمو الأخرى مثل الجيرالين EDTA ، والكيتين أو الأنواع الأخرى من السايكوكاينين وبعض الخلاصات الطبيعية مثل لبن جوز الهند وكذلك قد تضاف بعض المركبات ذات التركيب المعقد مثل خلاصة الخميرة Yeast extract ، وعصير الطماطم ، ومسحوق السمك وغيرها .

وتحذر الاشارة هنا إلى أن الوسط الغثائى الملائم فهو جزء نباتى معين ويخفزه على تكوين الكالوس ، ليس من الضرورى أن يكون ملائما فهو وتخصص الكالوس . وعادة يضاف الآجار Agar أو الجيلاتين agar agar أنسجة الكالوس لجعل الوسط الغثائى صلبا أو ذا قوام هلامى كما استعمل مؤخرا أنواع من الاكريليل أمايد acrylamide . ويضاف الآجار إلى الوسط الغثائى بتركيز ٦ ، ١ ٪ (وزن / حجم) وأفضل أنواعه هو Difco Nobel .

وفى الوقت الحاضر يفضل استبعاد الأوساط الغذائية الصلبة من معظم الأبحاث واللجوء إلى الأوساط الغذائية السائلة . فقد لوحظ أن الاستفادة من الوسط الغثائى الصلب محدودة . وجدول رقم ٢٣ يوضح المحتوى غير العضوى والعضوى لبيئة تناسب نمو كالوس الجزر وكثير من الأنواع النباتية : اعداد بيئة الزراعة :

تعتبر الأنسجة المزروعة ذات حساسية عالية للسمية التى تنتج عن استخدام كيمائيات غير نقية أو استخدام ماء غير مقطر ولذا يجب الحصول على هذه الكيمائيات على درجة عالية من النقاوة لتحضير البيئة ، ويفضل أن تحضر محاليل الكيمائيات المطلوبة فى صورة مركزة ، وتخلط عند تجهيز البيئة بالنسبة المطلوبة ، وهذه المحاليل هى :

(أ) محلول الأملاح المعدنية المختلفة (بدون مصدر الحديد) :

ولتحضير لتر واحد من هذا المحلول Stock solution تذاب الأملاح واحدا بعض الآخر فى ٧٥٠ مل من الماء المقطر ثم تكمل بعد ذلك إلى حجم لتر .

(ب) محلول الحديد :

ويحضر محلول مركز حوالى ١٠ مرات قدر تركيز المحلول الذى سيستخدم فى البيئة ، ثم يخزن المحلول على درجة حرارة ٥° م .

(ج) محلول يشمل الفيتامينات والجليسين :

نؤ تركيز حوالي ١٠٠٠ مرة قدر تركيز المحلول النهائي الذى سيضاف للبيئة ، يقسم المحلول إلى أحجام صغيرة (٥ مل) فى عبوات خاصة تخزن فى مجمد Freezer ، فى حالة عدم توفر المجمدات يحضر المحلول طازجا عند الإستعمال .

(د) محاليل مركزة من الهرمونات كما يلى :

١ — محلول 2,4-D : ويحضر بإذابة ٣٠ مجم من 2,4-D فى ٢ مل إندروكسيد للصوديوم (١ ع) ثم التخفيف بالماء المقطر إلى ١٠٠ مل .

٢ — محلول الكيتين Kinetin stock solution : ويحضر بإذابة ٧,٥ مجم كيتين فى ٢ مل حمض هيدروكلوريك (١ ع) تخفف إلى لتر بالماء المقطر .

وعند تحضير البيئة يجب عدم خلط المحاليل عشوائيا ، إذ أن ذلك قد يسبب ترسيب بعض الأملاح المعدنية ، ولكن يجب خلط البيئة بالطريقة الآتية للحصول على حجم لتر واحد من البيئة :

١ — يضاف ٢٠ جم سكروز إلى ٦٠٠ مل ماء مقطر فى دورق سعته ٢ لتر .

٢ — يضاف إلى ١٠٠ مل من كل من محاليل أ ، ب ، واحد مل فقط من محلول ج مع التقليب جيدا قبل كل اضافة ويخلط مع محلول السكرز (١) .

٣ — يصب المخلوط السابق ١ و ٢ فى مخبر سعته لتر ، يكمل الحجم إلى ١ لتر بإضافة الماء المقطر ثم يعاد المخلوط مرة أخرى إلى دورق سعة ٢ لتر .

٤ — يضبط pH البيئة على ٥,٥ وذلك بإضافة قطرات من محلول هيدروكسيد الصوديوم أو حمض هيدروكلوريد ١ ع .

- ٥- يضاف ٥,٥ مل من محلول 2,4-D لكل لتر بيئة .
- ٦- يضاف ٢٠ مل من محلول الكيتين لكل لتر بيئة .
- ٧- بعد ضبط pH البيئة على ٥,٥ يضاف مسحوق الآجار .

جدول رقم ٢٣

المحتوى العضوى والغير عضوى لبيئة تناسب كثير من الأنواع النباتية

المحتوى لكل لتر (بيئة (ملجم)	المكونات
	أملاح غير عضوية :
٧٩٠	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ كبريتات أمونيوم
٢٩٠	$\text{Ca} (\text{NO}_3)_2 \cdot 4 \text{H}_2 \text{O}$ نترات كالسيوم
٧٣٠	$\text{Mg} \text{SO}_4 \cdot 7 \text{H}_2 \text{O}$ كبريتات مغنسيوم
٩١٠	KCl كلوريد بوتاسيوم
٨٠	KNO_3 نترات بوتاسيوم
١٨٠٠	NaNO_3 نترات صوديوم
٤٥٠	$\text{Na}_2 \text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2 \text{O}$ كبريتات صوديوم
٣٢٠	$\text{Na} \text{H}_2 \text{PO}_4 \cdot 2 \text{H}_2 \text{O}$ فوسفات صوديوم ثنائى الهيدروجين
١٠٥	$\text{H}_3 \text{BO}_3$ حمض بوريك
٠,٠٢	$\text{Cu} \text{SO}_4 \cdot 5 \text{H}_2 \text{O}$ كبريتات نحاس
٦٠	$\text{Mn} \text{Cl}_2 \cdot 4 \text{H}_2 \text{O}$ كلوريد منجنيز
٦٠	$\text{Mn} \text{Cl}_2 \cdot 4 \text{H}_2 \text{O}$ كلوريد منجنيز
٠,٧٥	K I أيوديد بوتاسيوم
٢,٦	$\text{Zn} \text{SO}_4 \cdot 7 \text{H}_2 \text{O}$ كبريتات زنك
٠,٠٠٠١٧	$\text{H}_2 \text{MoO}_4$ حمض موليبديك
	مصدر الحديد :
٣,١	$\text{Fe} \text{Cl}_3 \cdot 6 \text{H}_2 \text{O}$ كلوريد حديدك
٨,٠	(EDTA) صوديوم إيثيلين داى أمينوتترا استيات

	Vitamins, etc	فيتامينات ومواد أخرى :
١٠٠		ميزو - ألينزيتول
٣٠		جليسين
١٠		أنيورين هيدروكلوريد
١٠		بيريدوكسين هيدروكلوريد
٢٥		حمض النيكوتينيك
	Hormone substitutes	بدائل الهرمونات :
١٥		٢ ، ٤ - داي كلورو فينواوكس اسيتيك أسد
١٥		٦ - فورفيريل أمينو يورين (كينيتين)
	Carbon source	مصدر كربون :
٢٠٠٠٠		السكروز
	Agar	أجار :
٧٠٠٠		أوكسيد رقم ٣

٨- توضع البيئة في دوارق أو زجاجات سعة ٢ لتر وتعقم في الاتوكلاف تحت ضغط ١٥ رطل على البوصة المربعة لمدة دقيقة لينوب الآجار وترج البيئة جيدا ثم تصب وهي ما زالت ساخنة في دوارق أو برطمانات (٥٠ مل /دورق) أو أنابيب الزراعة (٢٠ مل /انبوبة) . ثم تسد فوهات الأواني بسنادة من القطن وتغطى كل منها بغطاء من الألومنيوم ثم تعقم في الاتوكلاف لمدة ١٠ دقائق وعلى ضغط مقداره ١٥ رطل على البوصة المربعة .

١- يغسل الجذر الوتدى للجزر بالماء الجارى مع ملاحظة عدم تجريح الأسطح الخارجية له .

٢- تؤخذ قطعة بطول ٥٠ مم من الجزء الوسطى للجذر كما هو موضح بالشكل رقم ٣١ .

٣- توضع قطعة الجذر فى دورق معقم ثم تعقم بتغطيتها بمحلول كلوريد الزئبق لمدة ٣٠ دقيقة .

٤- تنقل قطعة الجذر إلى دورق معقم آخر وتزال آثار كلوريد الزئبق بالماء المقطر عدة مرات .

٥- تنقل قطعة الجذر إلى طبق بترى معقم باستخدام ملقط معقم ثم باستخدام مشروط معقم يزال قرص سمكه ١٠ مم من نهاية النسيج (وهذه تستبعد) ثم يقطع الجزء الباقي إلى أقراص بسمك ٥ ملليمترات ، ينقل كل قرص إلى طبق بترى مستقل ومعقم .

٦- تقطع مكعبات من القرص (حوالى ٥ ملليمتر مكعب) من منطقة الكامبيوم .

٧- ينقل كل مكعب من هذه المكعبات على حده ويوضع باحتراس على سطح ييشة الزراعة فى اللورق المخصص أو انبوبة الاختبار ، ثم تحضن اللوارق على درجة حرارة ٢٥° م .

٨- يبدأ ظهور نسيج الكالوس بعد ٢ - ٣ أسابيع .

٩- بعد ٦ - ٨ أسابيع يصبح من الضرورى نقل نسيج الكالوس إلى ييشة طازجة فتتنقل كتلة الكالوس إلى طبق بترى معقم باستخدام ملقط معقم أيضا ، ثم تقطع كتلة الكالوس إلى قطع صغيرة (١٠٠ مجم) ، وتنقل كل قطعة على حدة إلى دورق يحتوى على ييشة طازجة .

تكون الأعضاء النباتية من الكالوس :

الكالوس كتلة نباتية غير مميزة وبدون شكل محدد ، وقد اتضح أن هذه الكتلة غير المميزة يمكن أن تتكون منها جنور أو براعم كمقدمة للنمو الخضري حسب نسبة الأوكسين والكايبتين ، فإذا كانت نسبة الأول إلى الثاني مرتفعة أدى ذلك إلى تكون مبادئ الجنور ، أما إذا كانت نسبة الكايبتين إلى الأوكسين هي المرتفعة يزداد الميل إلى تكون البراعم الخضرية ، أما إذا كانت نسبة هذين المكونين متوسطة تستمر خلايا الكالوس غير المميزة في النمو .

وقد اتضح أيضاً أن إضافة بعض المكونات للبيئة التي ينمو بها الكالوس مثل السكر والأحماض الأمينية وأيونات الفوسفات تغير نتيجة العلاقة بين الأوكسين والكايبتين التي أشرنا إليها إلى حد ما ولكنها لا تغيرها تغييراً أساسياً .

زراعة الأعضاء النباتية Organs Culture :

(أ) الجذور Roots :

يمكن اتباع الخطوات التالية لزراعة الجنور المفصولة لنبات الطماطم :

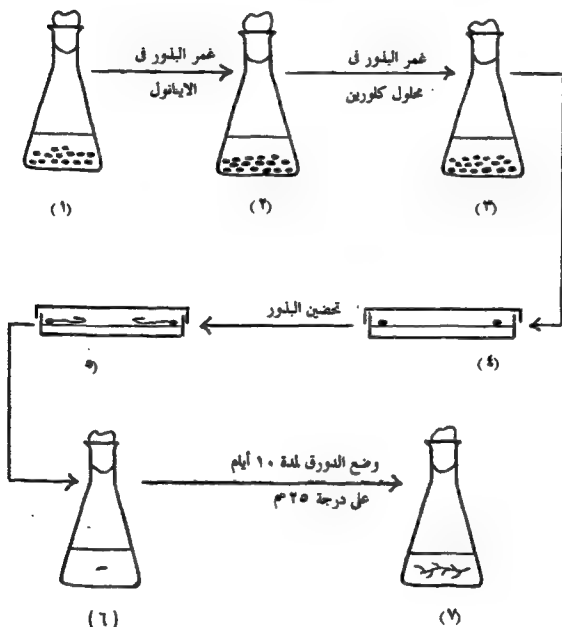
١ — تغسل البذور بتغطيتها بكحول الايثانول ٨٠٪ لمدة دقيقة واحدة ثم تتخلص منه ونفطى البذور بمحلول الكلورين وتترك في الدورق (سعة ١٠٠ مل) لمدة عشر دقائق مع رجه بصفة مستمرة ثم يتخلص من المحلول وتغسل البذور بالماء المقطر ثلاث مرات .

٢ — تنقل كل ٦ — ١٠ بذور باستخدام ملقط معقم إلى طبق بترى معقم يحتوى على ورق ترشيح مندى .

٣ — توضع الأطباق في حضان مظلم لمدة ٥ أيام على درجة ٢٥° م .

٤ — تفصل قمم الجنور بطول ١٠ ملليمتر باستخدام مشرط حاد معقم وتنقل بحذر إلى الأنبوبة المحتوية على بيئة الزراعة .

٥- بعد وضع المزارع لمدة ١٠ أيام على درجة ٢٥°م نجد أن قمة الجنر قد نمت واستطالت حتى وصلت إلى طول ١٠٠ - ٢٠٠ ملليمتر مع ظهور جنور جانبية عديدة . وإذا حدث أى تلوث فطرى أو بكتيرى فإن الجنور لا تنمو وتظهر عكارة فى البيعة .



شكل رقم (٣٢) - خطوات زراعة الجذور المفصولة لنبات الطماطم

ويمكن زيادة عدد مزارع الجذور بأخذ قمم الحنور الجانبية المتكونة وإعادة زراعتها بنفس الطريقة السابقة (شكل رقم ٣٢) .

اعداد بيعة الزراعة :

تحتوى بيعة الزراعة على المواد الكيميائية المبيئة فى جدول رقم ٢٤ ومقادير كل منها اللازمة لتجهيز لتر واحد من البيعة . ويمكن عمل محاليل مركزة لاعداد ١ لتر من البيعة وذلك باتباع نفس الطريقة التى سبق ذكرها لاعداد بيعة الكالوس ما عدا إضافات الهرمونات والكيبتين والآجار . ونخلط البيعة بالطريقة الآتية للحصول على حجم لتر واحد من البيعة :

١- يضاف ٢٠ جم سكروز فى ٦٠٠ مل ماء مقطر فى دورق سعته ٢ لتر .

٢- يضاف ١٠٠ مل من كل من محاليل أ (الأملاح المعدنية) و ب (محلول الحديد) ، واحد مل فقط من محلول جـ (الفيتامينات والمجلىسين) ثم تقلب البيعة جيذا قبل أى إضافة .

٣- يصب المخلوط السابق (٢,١) فى مخبر سعة لتر ، يكمل الحجم إلى ١ لتر بإضافة الماء المقطر ثم يعاد المخلوط مرة أخرى إلى دورق سعة ٢ لتر .

٤- يضبط رقم pH البيعة بحيث يتراوح بين ٤,٨ - ٥ وذلك بإضافة قطرات من محلول هيدروكسيد الصوديوم ١,٠ ع أو حمض هيدروكلوريك ١,٠ ع .

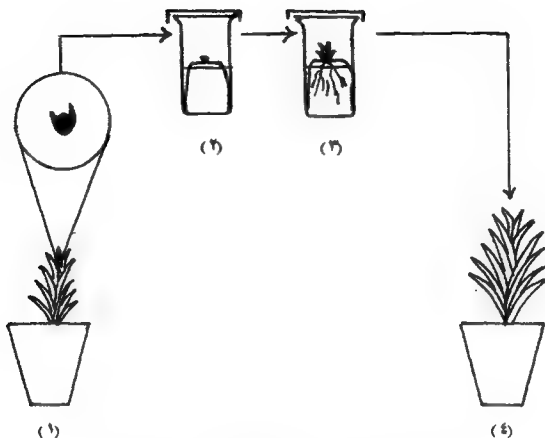
٥- تصب البيعة فى أواني الزراعة (أنابيب - دوارق مخروطية - برطمانات) بمعدل ٥٠ مل بيعة لكل إناء ، ثم تسد الفوهة بسدادة من القطن النظيف ، وتغطى السدادة بغطاء من ورق الألومنيوم ، ثم تعقم فى الاتوكلاف لمدة ١٠ دقائق وعلى ضغط مقداره ١٥ رطل لكل بوصة مربعة .

جدول رقم ٢٤

المحتوى العضوى والغير عضوى لبيئة تناسب زراعة
الجدور المفصولة لنبات الطماطم

المحتوى لكل المكونات	لتر بيئة (ملجم)
أملاح غير عضوية : Inorganic salts	
تراتت كالسيوم $\text{Ca} (\text{NO}_3)_2 \cdot 4 \text{H}_2 \text{O}$	٢٩٠
كبريتات مغنسيوم $\text{Mg SO}_4 \cdot 7 \text{H}_2 \text{O}$	٧٣٠
كلوريد بوتاسيوم KCl	٦٥
كبريتات صوديوم $\text{Na}_2 \text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2 \text{O}$	٤٥٠
فوسفات صوديوم ثنائى الهيدروجين $\text{Na H}_2 \text{PO}_4 \cdot 2 \text{H}_2 \text{O}$	٢٢
حمض بوريك $\text{H}_3 \text{BO}_3$	١,٥
كبريتات نحاس $\text{Cu SO}_4 \cdot 5 \text{H}_2 \text{O}$	٠,٢٥
كلوريد منجنيز $\text{Mn Cl}_2 \cdot 4 \text{H}_2 \text{O}$	٦,٠
حمض موليبدات $\text{H}_2 \text{Mo O}_4$	٠,٠٠٠١٧
أيوديد بوتاسيوم KI	٠,٢٥
كبريتات زنك $\text{Zn SO}_4 \cdot 7 \text{H}_2 \text{O}$	٢,٦
مصدر الحديد : Iron source	
كلوريد حديدك $\text{Fe Cl}_3 \cdot 6 \text{H}_2 \text{O}$	٣,١
صوديوم إيثيلين داى أمينوترا استيات (EDTA)	٨,٠
فيتامينات ومواد أخرى : Vitamins, etc	
أنيورين هيدروكلوريد	٠,١
بيريدوكسين هيدروكلوريد	٠,١
حمض النيكوتينيك	٠,٥
جليسين	٣,٠
مصدر كربون : Carbon source	
السكروز	٢٠٠٠٠,٠

* درجة حموضة هذه البيئة = (pH = 4,8)



شكل رقم (٣٣) — كيفية إنتاج نباتات خالية من الفيروسات
عن طريق زراعة القمم النامية للأفرع الخضرية

(ب) قمم الأفرع الخضرية Shoot tips :

لزراعة القمم النامية — المرستيمية — الموجودة في نهاية قمة الفرع الخضرى أهمية خاصة فهذه القمم المرستيمية عادة خالية من الفيروس بينما قد يكون النبات موبوءا به . ويتبع في هذه الحالة تقنية خاصة بزراعة هذه القمم على « قنطرة » من ورق الترشيح تثبت فوق بيئة سائلة (شكل رقم ٣٣) ، ثم ينقل النبات بعد تكون الجنور ويكون هذا النبات خاليا من الفيروس .

وعند زراعة هذه القمم تكون جنورا وأفرعا وبذا يتكون منها نبات جديد . وقد يتكون من هذه القمم كالوس يتحول إلى بادىء كورمات Protocorms تفصل كل واحدة منها وتنمى في بيئة جديدة تعطى نباتا جديدا

ويتبع ذلك في انتاج نباتات الوركيد بسرعة على نطاق تجارى مع انخفاض التكلفة كما أصبحت هذه الطريقة شائعة الاستخدام في العديد من نباتات الخضر والزينة والفراولة وغيرها .

تجهيز معمل زراعة الأنسجة :

يجب أن يلاحظ عند انشاء معمل لزراعة الأنسجة الآتى :

لما كانت عمليات زراعة الأنسجة تعتمد اعتمادا أساسيا على النظافة والتعقيم فيجب اختيار موقع على درجة عالية من النظافة بعيد عن الأتربة ويراعى في تصميمه :

— استخدام مواد بناء تسمح بعمليات التنظيف الكامل للأرضيات والحوائط .

— يجهز المعمل بالطاقة الكهربائية ويجب أن يتوفر مولد كهربائى احتياطى يستخدم فور انقطاع التيار الكهربائى أوتوماتيكيا .

— يجهز المعمل بجهاز للتحكم في درجات الحرارة .

— يقسم المعمل إلى مناطق طبقا لنظام العمل : موقع للغسيل والتنظيف يجاوره جهاز التعقيم ثم موقع لتخزين الزجاجات والأدوات التى تم تنظيفها وتعقيمها ثم موقع العمل .

الأجهزة التى يحتوى معمل زراعة الأنسجة :

يحتوى المعمل على العديد من الأجهزة أهمها :

— جهاز تقطير الماء .

— الحضانات Incubators .

— المعقم Autoclave ومرشحات معقمة .

— مصابيح أشعة فوق بنفسجية .

— ميكرومكوب ، جهاز ضرد مركزى ، ميزان حساس .

- أجهزة تحليل لونيا .
- جهاز تقدير رقم pH .

كما يحتوى المعمل عادة على العديد من المواد الكيميائية سواء لاعداد البيئات المناسبة أو التقديرات العملية التى قد يحتاج إليها .
ويجلبور مغفل زراعة الأنسجة عادة صوبة تستكمل فيها النباتات نموها حتى الحجم المناسب لنقلها إلى البيئة المستديمة .

الزجاجيات :

تستخدم الزجاجيات فى جميع خطوات زراعة الأنسجة واكثرها شيوعا الدوارق المخروطية Erlenmayer flasks سعة ١٠٠ مل .
ويجب استخدام زجاجيات خالية من الصوديوم Monex أو Pyrex حتى لا يحدث تسمم للنبات من صوديوم الدوارق أو الأنايب .
وتستخدم أيضا الماصات بأحجام مختلفة ودوارق معيارية ١٠٠ ، ١ ، ٢ لتر وأقماع زجاجية واطباق بترى ٩ سم ومخابير مدرجة وكؤوس مختلفة الأحجام وأنايب اختبار ذات حجوم مختلفة .
تسد فوهات الزجاجيات باستخدام قطن غير ماص ثم غطاء من ورق الألومنيوم يمنع بلل السدادات القطنية اثناء التعقيم .

تنظيف الزجاجيات :

تستخدم كثير من المعامل الكيميائية مخلوط التنظيف المكون من حامضى الكروميك والكبريتيك فتغمر فيه الزجاجيات ثم تغسل جيدا ثم توضع فى تيار ماء جار لفترة ٥ دقائق ثم تغسل بالماء المقطر المعقم مرتين متواليتين .
وقد تستخدم أيضا مساحيق تنظيف خاصة وماكينات لغسيل الأواني مع الماء الدافئ بدلا من مخلوط حامضى التنظيف ثم تنقل الزجاجيات إلى أفران خاصة حتى تجف تماما ثم تخزن بعيدا عن الأتربة .

غرفة الزراعة :

إما أن يخصص غرفة تتم فيها عمليات الزراعة أو يكتفى بتخصيص منطقة بالمعمل للزراعة وذلك حسب حجم العمل .

وغرفة الزراعة أو المنطقة المخصصة لها يجب أن تكون نظيفة خالية من الأتربة ومعقمة ويتطلب ذلك الآتي :

— أن تكون جدار الغرفة والأرضية من السيراميك أو تغطي بطلاء ابيض يسهل بغسلها بالماء .

— يجب أن يتوفر فيها الضوء بقدر مناسب حسب الحاجة .

— جهاز تكييف الهواء لا غنى عنه .

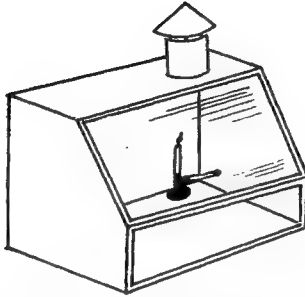
— منضدة التعقيم تقوم بتطهير الهواء المحيط بها إلى درجة عالية من النقاء . وهي مختلفة الأحجام حسب حاجة العمل ، وفي حالة تخصيص غرفة للزراعة تكون هذه المنضدة أحد مكوناتها الأساسية .

— مصابيح للأشعة فوق البنفسجية .

— تنظيف منضدة الزراعة بعد كل زراعة وتفصل بالكحول اسبوعيا .

— يمكن استخدام صندوق الزراعة *Inoculation hood* (شكل رقم ٣٤) إذا لم يكن حجم العمل يستحق منضدة تعقيم أو عدم كفاية الميزانية ويجب تنظيفه تنظيفا كاملا خصوصا سطحه الداخلي باستخدام قطعة من القطن المبللة بالكحول وكذا تحفظ الأدوات المعدنية في عورق يحوى كحول .

ويجب تعقيم الجرو الداخل قبل تدلول النسيج والزراعة وذلك بوضع لب أسفل المدخنة الموجودة بسقف الصندوق .



شكل رقم (٣٤) - رسم تخطيطي لصندوق الزراعة مصنوع من شرائح معدنية وزجاج

غرفة التسمية :

بعد زراعة الأجزاء النباتية في البيئات الملائمة لها تنقل إلى حضانات خاصة أو إلى غرف ذات درجة ثابتة التي يجب أن يتوفر فيها مصدر للإضاءة ذو الشدة المطلوبة . وفي حالة الرغبة في تنمية اجزاء نباتية في الظلام تغلف الأنابيب بورق الألومنيوم أو أى ورق آخر بحيث لا يتسرب الضوء إلى الوسط الغذائى .

الإصابة بالأمراض ومكافحتها

الإصابة المرضية :

عندما بدأت فكرة تقنيات الغشاء المغذى أثار المشائمون — وكانوا هم الأغلبية — أن أحد أسباب عدم قابلية هذا النظام للتطبيق هو أن مجرد دخول أحد الكائنات المرضية قناة واحدة يؤدي إلى انتشاره خلال النظام كله عن طريق المحلول الدائر وسرعان ما يتلف كل المحصول . ولذا فاستخدام هذا النظام تجاريا مغامرة كبيرة لا يقبلها أى مستثمر .

ويجب أن نوجه النظر إلى حقيقة أن مجتمع الكائنات الدقيقة *microfloral* *population* في قناة الغشاء المغذى يشابه مجتمع الكائنات الدقيقة في التربة التي تحت هذه القناة .

ولكن ما هو السبب في عدم إنتشار الأمراض بسرعة عن طريق المحلول الدائر كما كان متوقعا . أحد الافتراضات هو أن بعض الكائنات المرضية في التربة تحتاج إلى ضرر ميكانيكي للجذر لتجد لها مدخلا في النبات . وفي التربة يحدث هذا الضرر الميكانيكي بتلف للشعيرات الجذرية نتيجة تحرك الجنور خلال الحبيبات الصلبة في التربة . أما في نظام الغشاء المغذى فالشعيرات الجذرية تكون قليلة ولا توجد حبيبات صلبة ليحدث ضرر ميكانيكي في الشعيرات الجذرية . وفي التربة يحدث الضرر الميكانيكي أيضا بالحشرات القارضة . أما في نظام الغشاء المغذى فلا يوجد مثل هذه الحشرات في القنوات . ولهذا الظروف والأسباب فالعدوى تقل للجنور في نظام الغشاء المغذى .

ومن مخاوف استخدام الغشاء المغذى عند بدء زراعة الطماطم تحت الصوب هو الإصابة بفيروس موزيك الطباق Tobacco mosaic الذى يمكن أن ينتشر بسرعة لكل نبات في المنشأة عن طريق المحلول الدائر . فالمعروف أن فيروس موزيك الطباق ينتشر بسرعة من نبات إلى نبات ، فعلى سبيل المثال ، تنتشر العدوى به عن طريق اتلاف العمال للشعيرات والسيقان وكسر الأفرع الخضرية الجانبية . ومن المعروف أيضا أن المحصول الذى يزرع في أرض مصابة بفيروس موزيك الطباق Tobacco mosaic يحدث له عدوى . ولقد اختبر كوبر Cooper هذه المخاوف عن طريق زراعة الطماطم في خط مفرد في منشأة الغشاء المغذى ثم قام بعمل عدوى للنبات الأول في بداية القناة بفيروس موزيك الطباق . وبعد فترة ظهرت اعراض المرض على النبات . وبفحص المحلول الدائر تحت الميكروسكوب الألكترونى اتضح وجود الفيروسات في المحلول ومن المحتمل أنها نزت exuded من النباتات المصابة ثم انتشرت في المحلول الدائر .

وقد اتخذت كافة الاحتياطات لمنع أى إنتشار للمرض عن طريق الملامسة وذلك بعدم ملامسة أى نبات فى الصف . وخلال الشهور الثلاثة الأولى من المحاولة لم يصب أى من النباتات الأخرى فى الحظ . هذه المحاولة البسيطة لا تكفى قطعاً لاتخاذ أى قرارات فى هذا الشأن ولكنه من التجارب والخبرة التجارية اتضح أن الفيروس المنتشر لا يظهر على محاصيل الغشاء المغذى بسرعة أكبر من انتشاره فى المحاصيل المزروعة بالطرق العادية .

ولقد قام ستونتون Staunton بمحقن الطماطم فى الغشاء المغذى بخمسة جراثيم مرضية ووجد أن اعراض مرض الذبول قد ظهرت بعد ٢١ يوما من العدوى بالفطر *Fusarium Oxysporum lycopersici* ، وقد انتشر المرض ببطء وبعد ٤ شهور كان ٢ النباتات قد أصيبت . غير أن أغلب النباتات قاوم

المرض وأتم دورة حياته وأنتج محصولاً جيداً بينما النباتات التى نمت فى بيئة صلبة كانت قد ماتت . ويخلص Staunton من دراساته إلى أن الأصابات المرضية لمحاصيل الغشاء المغذى لا تسبب مشكلة أكبر منها فى زراعة هذه المحاصيل بالطريقة العادية .

مكافحة الأمراض :

يمكن تطبيق الطرق العادية المستخدمة فى مكافحة الأمراض فى المحاصيل المزروعة بالطريقة العادية على محاصيل تقنيات الغشاء المغذى . على أنه يحسن الاحتياط بعدم توجيه الرشاشة إلى قناة الغشاء المغذى فى حالة ما إذا كانت مادة الرش ذات تأثير غير مرغوب على المحلول حول الجنور .

ومكافحة الأمراض بالنسبة لمحاصيل الغشاء المغذى هى إجراءات مكافحة الأمراض الناتجة من التربة وإضافة مواد المكافحة عن طريق الجنور .

ولما كانت منشأة الغشاء المغذى نظاماً مقفلاً مع حجم ثابت من السائل باستخدام صمام يتحكم فى إمداد الماء إلى النظام ، فمن الممكن أن نعتبر إضافة

ما يسمى أدوية وقائية Preventive medicine إلى محاصيل الـ NFT . فأى مواد تمنع نمو الكائنات المرضية في المحلول الدائر دون أن يكون لها تأثير ضار على المحصول يمكن إضافتها إلى المحلول بالتركيز الملائم . ويمكن إضافة ٢٠ جزء في المليون من اتريديازول Etridiazole ، وبالرغم أن مثل هذا التركيز لا يسبب تأثيرا ضارا على محصول مقوم مثل الطماطم ، فقد يكون له تحت ظروف الـ NFT تأثير ضار على المحاصيل الحساسة مثل الخيار . ومادة الـ اتريديازول Etridiazole بتركيز ٢٠ جزء في المليون لا تقتل الفطريات Fungi ولكنها تثبط نموها . ولذلك فمن الضروري إضافة الـ اتريديازول بانتظام لانه يتحلل ، وبثأثر معدل انحلاله بعوامل كثيرة . غير أنه من المحتمل أن اضافته بكمية كافية يعطى تركيزا قدره ٢٠ جزء في المليون كل ٦ أسابيع يكون مناسباً .

والـ اتريديازول Etridiazole متوفر تجارياً تحت الاسم التجاري أتر Aatre وهو مسحوق قابل للابتلال Wettable powder يحتوى ٣٥٪ من المادة النشطة من الـ اتريديازول ويجب ألا يزيد تركيز الـ اتريديازول على ٥٠ جزء في المليون حتى بالنسبة لمحصول مقوم مثل الطماطم ولذا يجب أن تضاف المادة ببطء إلى الخزان الجامع بطريقة بحيث يحدث لها تخفيف قبل أن تصل إلى النبات كما يجب عدم تقليل عدد الأسابيع بين الإضافات حتى لا يزداد تركيزها ويصبح تأثيرها ساماً .

واستعمال المبيدات الجهازية Systemi insecticides أى المواد التى يمكن إمتصاصها خلال الجنور وتؤدى إلى حماية النبات كله يكون بنفس الطريقة . فسوف يحمل المحلول المركبات الجهازية لجميع النباتات في المنشأة وبالتالي يستبعد تكاليف الإضافة بالطرق العادية . ولقد اقترح مثلاً أن ٥٠ جزء في المليون من الـ بينومايل Benomyl سوف يقوم البياض Powdery mildew على نباتات الخيار النامية في الغشاء المغذى . كما أن المركبات ذات التأثير الفعال على النباتات النامية في مزرعة مائية قد لا يكون لها تأثير مشابه عند إضافتها للتربة للمحاصيل النامية فيها بسبب تأثير التربة .

وبالنسبة إلى تدفق جميع المحلول الدائر في منشأة الغشاء المغذى خلال أنبوبة واحدة ، فمن الممكن وضع وحدة تعقيم في هذه الأنبوبة بين مضخة الدوران وفتحة الدخول لأول قناة في نظام الغشاء المغذى . ومن الممكن أن تكون وحدة التراسونيك Ultra-sonic unit أو وحدة اشعة فوق بنفسجية Ultra-violet unit أو وحدة بستر حرارية Heat pasteurization unit . وتوضح المحاولات الأولية باستخدام وحدة التراسونيك أو وحدة اشعة فوق بنفسجية أن استعمالهما يؤثر على الحديد المخلوب في المحلول . ولهذا السبب فاستعمالها غير مرغوب . والبسترة الحرارية لم تختبر بعد في الزراعة بنظام الغشاء المغذى . وبعد البسترة الحرارية فبالطبع يجب تبريد المحلول قبل أن يسمح له بالمرور على جذور النباتات . ومن الممكن أن يستخدم خزان لامتداد المحلول للنبات وخزان آخر تتم فيه عملية البسترة الحرارية . وبعد البسترة يترك ليبرد ثم يدخل الخدمة بدلا من الخزان الذى في الخدمة . وإذا كانت البسترة الحرارية طريقة ناجحة في مكافحة الأمراض في تقنيات الغشاء المغذى فالأمر يقتضى إجراء تطوير لتحديد عدد مرات البسترة الضرورية وأحسن وسيلة لإجراء هذه العملية في الزراعة بتقنيات الغشاء المغذى .

الباب الخامس

استخدامات تقنيات الغشاء المغذى

- إنتاج نباتات القصارى .
- التحكم الكامل في ظروف النمو .
- قنات الغشاء المغذى الرأسية .
- إنتاج الأصول المقساه .
- الإستخدام المنزلى للغشاء المغذى .
- الغشاء المغذى في الحدائق المنزلية .
- إنتاج الأيصال والمسطحات الخضراء .
- إنتاج نباتات الزينة والنباتات الدوائية .
- إنتاج بعض حاصلات الخضر .
- نظام الغشاء المغذى وتسويق المنتجات .
- إستخدام الغشاء المغذى في أنفاق الفراولة .
- إنتاج علائق الحيوانات .
- إستخدام قنات الغشاء المغذى في ظروف غير ملائمة .
- زراعة الأشجار تحت ظروف غير ملائمة .
- إنتاج المطاط والصمغ .
- إنتاج مصادر الطاقة .
- إستخدام الغشاء المغذى في تقيية الماء .

استخدامات تقنيات الغشاء المغذى

انتاج نباتات القصارى :

تعود زراع نباتات الزينة إلى تسويق هذه النباتات في قصارى فخارية أو بلاستيكية ولا يحتاج إنتاج هذه النباتات باستخدام تقنيات الغشاء المغذى إلى أى تعديل في الطريقة ، إذ توضع النباتات بقصارها (أو عتيها) في مجرى — قناة — الغشاء المغذى .

كما تعود الزراع أن يضعوا القصارى على موائد بارتفاع مناسب حتى يتيسر إجراء العمليات الزراعية المختلفة كالرى والتسميد وخدمة النباتات . ويمكن — بالمثل — في حالة تقنية الغشاء المغذى تثبيت القنوات على الارتفاع المرغوب ، غير أن ذلك يزيد التكاليف الرأسمالية نتيجة لترك مسافات بين الموائد — التى تثبت عليها القنوات بدون قنوات — أى بدون إنتاج ، بينا وضع قنوات الغشاء المغذى على سطح الأرض — متجاورة — يتلافى ذلك ، وفى هذه الحالة تغرس النباتات في مكعبات وتنقل من القنوات باستخدام « سير » متحرك على ارتفاع مناسب وقد سبق وصف ذلك ، إذ لا يوجد ما يستلزم تنمية النباتات في قصارى ، وفى هذه الحالة تنمو النباتات في المكعبات ويتكون من غموها « حصيرة » أو طبقة ليفية من الجذور تثبت النباتات وتنقل النباتات إلى القصارى قبيل التسويق مع استخدام البيئة المناسبة ، وتسويق النباتات بذلك في قصارى جديدة نظيفة ، وقد اختبر كوبر هذه الطريقة واتضح أن النباتات — التى استخدمها — تجاوبت مع تغيير البيئة دون متاعب ، ولو أن الأمر يحتاج إلى مزيد من الاختبارات بالنسبة للنبات الذى يرغب المنتج في إنتاجه .

— قد لا يكون الاستغناء عن المرات أمرا ملائما لجميع أنواع نباتات القصارى ، فقد يجد الزراع أنه من الضروري أن يصل إلى موقع بعض النباتات لمعالجة أحد الأمراض .

— وعدم وجود ممرات يجعل عملية « التفريد » صعبة فيضطر الزارع في هذه الحالة إلى غرس النباتات — الشتلات — في موقعها النهائي فلا يقوم بعملية التفريد كلما زاد حجم النبات .

— وضع قنوات الغشاء (الفيلم) المغذى على قوائم على ارتفاع مناسب يسمح بوجود الممرات العادية التي تترك عادة بين هذه المجارى (عند وضعها على سطح الأرض) ، وفي هذه الحالة يمكن استخدام مجاميع متعددة القنوات (التي سبق وصفها) .

— وثمة بديل آخر هو استخدام قنوات مفتوحة واسعة (عريضة) ضحلة العمق على ارتفاع يلائم العمل ، ينساب منها المحلول المغذى إلى أسفل ، غير أن هذا البديل يعرض المحلول المغذى إلى الضوء أثناء انسيابه إلى أسفل ثم دورانه إلى القناة مرة أخرى ، ولذا سريعا ما يغطي بنموات الألبى الخضراء ، وتلتصق أيضا بالقضاري مما يجعل منظرها غير مشجع عند تسويقها ، وتقاوم هذه الألبى بإضافة أحد الكيماويات المضادة ، أو قد يلجأ الزارع إلى زيادة سرعة دوران المحلول المغذى حتى لا يستطيع الألبى النمو ، ويتم ذلك بزيادة عمق المحلول ويتج عن ذلك أمران :

١— يزداد وزن المحلول ويستلزم ذلك استخدام قنوات من الأسمنت حتى يمكنها حمل ثقل المحلول مما يؤدي إلى زيادة التكلفة الرأسمالية .

٢— لا تتكون « حصيرة » الجذور اللبغية الضرورية والتي يكون جزؤها العلوى معرضا عادة للهواء الجوى ، ولذا يتحول النبات إلى الاعتماد الكامل على أوكسيجين المحلول وهو عادة محدود ، وقد نلجأ لزيادة محتوى المحلول من الأوكسيجين بوضع معوقات تعترض تياره (المحلول) مما يعمل على زيادة محتواه من الأوكسيجين عند سقوطه مجتازا هذه العوائق .

— وقد يكون استخدام عدد من قنوات الغشاء المغذى الضيقة (المعتادة) كافيا لتحقيق النتيجة المرغوبة بكفاءة ونفقات أقل .

— كما يمكن استخدام قنوات الغشاء المغذى ذات وزن خفيف وذات طبقتين فوق بعضهما ، فتُمنى نباتات القصارى التى تحتاج الضوء الكامل فى الطبقة العليا من القنوات ، بينما تنمى النباتات المحبة للظل فى الطبقة السفلى ، وفى هذه الحالة يتوقف عدد النباتات فى الطبقة العليا والمسافات بينها على درجة التظليل التى تتطلبها النباتات فى الطبقة السفلى ، ومثل هذا النظام إذا أمكن إنشاؤه يزيد إنتاجية الوحدة وهد عامل هام فى حالة البيوت الزراعية عالية الكلفة والتى تكلف تدفئتها كثيرا .

إنتاج الحاصلات مع التحكم الكامل فى ظروف النمو :

تعتبر تقنيات الغشاء المغذى مثالية عندما يراد تطبيق نظم التحكم الكامل فى ظروف النمو ، ففى هذه الحالة يستبدل ضوء الشمس بالمصابيح ، ويعزل البناء الذى تنمو داخله النباتات عن الظروف الجوية الخارجية ، وتكون الأرضية ناعمة غير منفذة للجذور ، وتم الإضاءة بمصابيح تتدلى من سقف المبنى ، ويؤدى ذلك عادة إلى تزايد الحرارة المنبعثة منها بينما يحتاج العديد من الحاصلات إلى درجات حرارة ملائمة ثابتة فى حدود معينة فلا تزايد بصفة مستمرة ، ولذلك فنظام الغشاء المغذى مع التحكم فى ظروف النمو يلائم بصفة خاصة إنتاج الحاصلات عندما تكون الظروف المناخية غير ملائمة نموها مثل شدة البرد فى مناطق خطوط العرض الشمالية ، أما فى غير هذه الظروف فيجب اتخاذ الاحتياطات التى تكفل ثبات درجة الحرارة .

— وللتحكم فى تركيز ثانى أوكسيد الكربون فى الهواء — داخل المبنى — أهمية خاصة ، ففى هذا النظام يكون استنزاف ثانى أوكسيد الكربون أسرع منه فى البيوت الزراعية لاستهلاكه بواسطة النباتات أثناء عملية التمثيل الضوئى (الأيض) ، ولذا يجب حقن الهواء بثانى أوكسيد الكربون بحيث يصل إلى نحو ١٠٠٠ جزء / مليون (بالحجم) ، وأفضل ما يتم ذلك بواسطة ثانى أوكسيد الكربون المسال المضغوط فى خزان خاص ، ويترك بعض السائل ليتحول إلى غاز تحت الضغط الجوى ، فيمكن توصيله إلى هواء البيت الزراعى مع

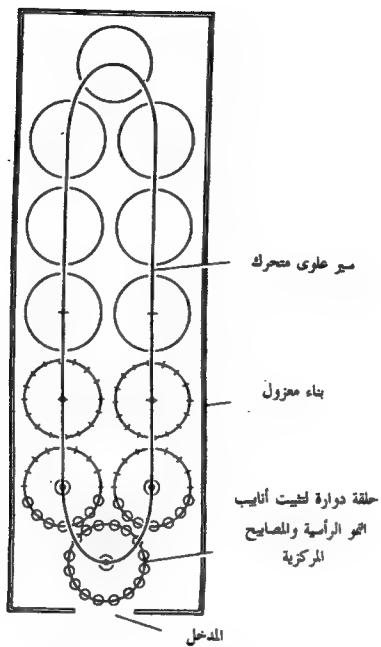
استخدام مقياس لتدفق ثاني أوكسيد الكربون (Flow meter) لاستمرار الحصول على تركيز ثابت من الغاز .

ولا ننصح بالحصول على ثاني أوكسيد الكربون عن حرق البروبان في حالة التحكم الكامل في ظروف النمو ، ولو أنه قد يلائم ظروف البيوت الزراعية الزجاجية أو البلاستيكية ، لأن حرق أى وقود هيدروكربوني ينتج أكاسيد نتروجينية — أوكسيد النتريك وأوكسيد النتروز — وهذه الأكاسيد لا تضر النبات ما دامت تركيزاتها منخفضة غير أنها ضارة إذا زادت تركيزاتها ، فيبطئ نمو النبات وتضمر أوراقه ، وقد تؤدي إلى نكزرة Necrosis الأوراق أى ظهور بقع بنية ناتجة عن موت الأنسجة خاصة بالأوراق السفلى ، أما في حالة البيوت الزراعية الزجاجية فتتأثر الهواء النافذ من بين ألواح الزجاج يساعد على منع تراكم أكاسيد النتروجين ، أما إذا كان استخدام البروبان المحروق أمرا ضروريا في نظم التحكم الكامل فيجب رصد وتسجيل تركيز أكاسيد النتروجين في الغاز الناتج — حتى يعرف تركيزه في هواء المبنى — والعمل على تبادل الهواء بحيث لا تتراكم هذه الأكاسيد في الهواء الداخلى .

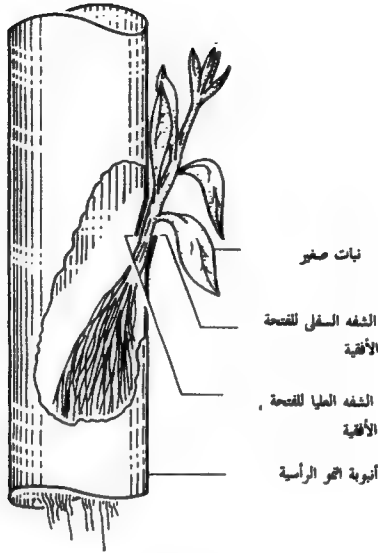
وفي حالة عدم حقن ثاني أوكسيد الكربون فيجب توفير التهوية الجيدة (ويتعارض ذلك مع التحكم الكامل في ظروف النمو) حتى نضمن تركيزا لثاني أوكسيد الكربون في الهواء الداخلى مساويا له في الهواء الجوى الخارجى ، وعلى وجه عام ينخفض الإنتاج في هذه الحالة بنسبة ٢٥٪ عنه في حالة حقن ثاني أوكسيد الكربون .

يتضح مما سبق أن نظام التحكم الكامل في ظروف النمو يقتضى التحكم في شدة وطول فترة الضوء والحرارة وثاني أوكسيد الكربون ، وقد تستلزم النواحي الاقتصادية بعض المرونة في طول فترة الإضاءة ، وقد يضاء نصف المساحة فترة ثم تنقل المصابيح إلى النصف الآخر فترة أخرى ، وبذا تنخفض التكلفة الرأسمالية في عملية الإضاءة إلى النصف تقريبا .

انظر كتاب « الزراعة المحمية » ، عبد النعم بلع وآخرون .



شكل رقم (٣٥) - الانتاج التباقي بالمرافد الرأسية



شكل رقم (٣٦) — الفتحات الأفقية في أنبوبة النمو الرأسية

قنوات الغشاء المغذي الرأسية :

يتميز نظام الغشاء المغذي عن نظم الإنتاج الأخرى بأن هذه النظم الأخرى تبدد نحو ٤٠٪ من المساحة في الممرات للوصول إلى النباتات ، بينما في حالة نظام الغشاء المغذي يمكن ترتيب القنوات رأسياً فلا توجد حاجة إلى الممرات في بعض الحاصلات ، ويخفف ذلك من التكلفة الرأسمالية (شكل رقم ٣٥) . وفي هذه الحالة يأخذ مبنى إنتاج المحاصيل مع التحكم الكامل في ظروف النمو شكل متوازي مستطيلات ضيق ، وتنظم قنوات الغشاء المغذي

رأسيا فيما يشبه الأنابيب ذات فتحات أفقية (شكل رقم ٣٦) على جانب واحد في دائرة حول مصباحين أحدهما علوى والآخر قرب القاع ، وتكوّن قنوات الغشاء المغذى الرأسية والمصاييح وحدة من مجموعة وحدات مماثلة تتعلق من وسط قرص دائر . فإذا بدأنا غرس النبات فيقف العامل عند باب المبنى وبغرس الشتلة في قناة الغشاء المغذى المواجهة للباب وبامتلاء القناة يدفعها إلى أحد الجانبين فيصل أمامه القناة التالية فيقوم بغرس النباتات فيها ، ويستمر ذلك حتى يتم غرس جميع الفتحات بجميع القنوات المعلقة في المجموعة . وتتصل المجموعة بسير علوى حول سقف المبنى متوازي المستطيلات ، ويقوم العامل بالتحكم في الدوران بالضغط على أحد الأزرار ، فيتحرك لتظهر أمامه — عند الباب — مجموعة وحدات رأسية أخرى فيقوم بغرس النباتات في الفتحات الأفقية في كل قناة من قنواتها وهكذا .

ويشير كوبر Kooper إلى أنه اختبر الأنابيب الرأسية المصنوعة من البوليثلين لانتاج المحاصيل بنظام الغشاء المغذى ، وقد اتضح أن عدم تسرب السوائل منها أثناء نزولها من أعلى في دوراتها رأسيا يعود إلى أن حجم الساق في النبات المغروس في القناة يدفع الحافة العليا من الفتحة الأفقية إلى الداخل ، بينما يدفع وزن النبات الحافة السفلى إلى الخارج وبهذا فالسائل الهابط في القناة لا يتسرب ، وعلى أى حال إذا تسرب بعض السائل فإن ذلك لا يؤثر إذ أنه يتدفق خارج المجرى ويحتجز في أنبوبة (العادم) في قاع الدائرة .

ويستكمل كوبر Cooper النظام الآلى السابق وصفه باقتراح نظام لعملية نقل وعرض المنتجات مثل الأزهار أو غيرها للتسويق بأن تجهز سيارة النقل عند الباب و « تفك » الأنابيب البوليثلين من اطار التمر وتعلق رأسيا في قضبان علوية في سقف السيارة حتى تمتلئ ولا تتأثر المنتجات بعملية النقل أو بسرعة السيارة لتعلقها رأسيا . وعند الوصول تفرغ حمولة السيارة من أنابيب البوليثلين ويعاد تعليقها في محل البيع . وتباع المنتجات في هذه الحالة — الأزهار — بالتر ، فيقطع الطول المطلوب الذى يحتوى أنابيب البوليثلين بالمقص .

ويمكن تنفيذ الانتاج « الآلى » مع التحكم الكامل فى ظروف النمو فى الناقلات الضخمة Super tankers . وتعمل شركة جنرال موتورز على تطوير هذه العملية حتى أصبح احتمال تجربتها فى الفضاء أمرا ممكنا .

إنتاج الأصول المقساء :

أمكن انتاج العديد من شتلات أنواع من الأشجار والشجيرات باستخدام نظام الغشاء المغذى وكان نموها سريعا كما كانت النباتات ذات جودة عالية .

ويعتمد هذا النوع من الإنتاج على التحكم فى البيئة الخارجية أى المحيطة بالساق والأوراق والبيئة حول جذور العقل ، ويمكن تحقيق ذلك بالنسبة للظروف المحيطة بالسوق والأوراق فى بناء مجهزة بالمصايح اللازمة للتحكم فى طول فترة الاضاءة وشدتها فضلا عن التحكم فى درجة الحرارة والرطوبة النسبية وتركيز ثانى أوكسيد الكربون كما سبق . وبالنسبة إلى غرس العقل متقاربة لبعضها فحجم غرفة النمو يكون محدودا وبالتالي تقل التكلفة الرأسمالية . أما فى الصوب الزجاجية المجهزة بالتدفئة والتهوية الذاتية وحقن ك CO_2 CO_2 ووسائل التظليل ودش الضباب فهى أقل تحكما فى طول فترة الضوء وشدته ونسبة الرطوبة ودرجة حرارة النهار .

وهذا التحكم الزائد فى ظروف نمو الساق والأوراق يستلزم تحكما مماثلا فى ظروف نمو الجنور أى حول مسطح قطع العقلة . ويجب أن يكون ذلك منفصلا عن التحكم فى ظروف نمو الساق إذ أن الظروف الملائمة للسوق والأوراق تختلف عن تلك الملائمة للجنور . ويكفل نظام الغشاء المغذى وسيلة للتحكم الدقيق فى ظروف الجنور . فدرجة حرارة منطقة نمو الجنور يمكن أن تكون مختلفة عن حرارة الهواء وكذا يمكن تغييرها أثناء الأربع وعشرين ساعة أو خلال فترة نمو العقلة وكذا يمكن التحكم فى المحتوى الغذائى ورقم pH وتركيز منظّمات النمو ونسبة الهواء والماء فى المحلول عند سطح قطع العقلة ، وكذلك يمكن التحكم فى نسبة الهواء بالماء باعتراض دوران المحلول (بوضع معوقات لتدفقه) إذا أريد ذلك .

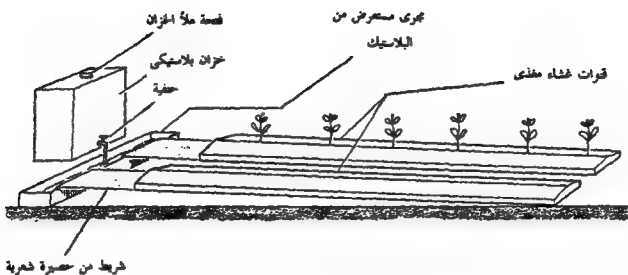
وبهذه الدرجة من التحكم في ظروف النمو الهوائية والجذرية — وهو ما لا يتوفر في المشاتل المعتادة — يصبح لمعرفة الظروف المثلى لنمو كل نوع من النباتات التي يراد اكثارها أهمية كبيرة حتى يمكن ضبط أجهزة التحكم ضبطاً صحيحاً .

ويمجرد نمو جنور العقل يمكن نقلها لنظام الغشاء المغذى في الهواء المطلق أو في صوبة زجاجية حسب نوع النبات والموقع . وإذا كانت العقل قد غرست على المسافات النهائية لها فلن يحتاج إلى عمالة حتى يحل موعد التسويق ففى نظام الغشاء المغذى لا نحتاج إلى خدمة مثل مقاومة الحشائش بينا الرى والتغذية يكونان بالطبع مستمرين ذاتياً .

وبحلول الموعد للتسويق تكوّن الجنور « حصيرة » (كتلة ليفية) من الشعيرات الجذرية المشتركة بين النباتات نتيجة تشابكها فتقطع هذه الحصيرة في منتصفها وبذا يصبح لكل نبات مجموع جذرى ليفى مستقل ذى شكل مستطيل (متوازى اضلاع) ويسهل ذلك عملية غرس الشتلة — الشجيرة — وذلك بحفر موقع الغرس إلى العمق الملائم بعد تحديد شكل المستطيل ثم يوضع « متوازى مستطيلات » الجنور في الحفرة المطابقة له تماماً وتكون التربة الخارجة من الحفرة فوق الجنور وبالضغط — بنقل العامل — تتلاصق الجنور الليفية مع التربة في حواف الحفرة وتشغل مجموعة الجنور باقى الحفرة . وبهذا يمكن تلافى « أثر القصيرة » في حالة استخدام القصارى في الطرق المعتادة .

الإستخدام المنزلى للغشاء المغذى :

لا يختلف الإستخدام المنزلى للغشاء المغذى عن الإستخدام التجارى ، ويمكن لأى هاو أن ينشئ هذا النظام على غرار النظام التجارى مع الفرق في الحجم ليلائم المساحة المحدودة المتاحة بالمنازل . وقد يرغب بعض هواة في خفض تكلفة تجهيزات القياسات والرصد وقد يعمد البعض إلى شراء وحدة الغشاء المغذى « جاهزة » إذا كان ثمنها منخفضاً .



شكل رقم (٣٧) - وحدة غشاء مغذى منزلية

ويمكن أن تكون الوحدة المنزلية الرخيصة من حوض بلاستيكي « خزان » ذى حنفية فى قاعة وفتحة « بريمة » فى أعلاه يملأ منها . فيملأ الخزان إلى نهايته بالماء ويفرغ فيه محتوى كيس — يشتري جاهزا محضرا بواسطة المصنع — يحتوى المقدار المناسب من العناصر المغذية ثم تغلق الفتحة ، وتكون فتحة الحنفية فى مستوى أسفل الماء الذى يملأ مجرى (قناة) مستعرض (قاطع) من البلاستيك وعند فتحة الحنفية لا يتدفق المحلول من الخزان لضغط الهواء الجوى على الماء فى المجرى القاطع . ومن المهم أن يكون الخزان مظلالا فلا تسقط عليه أشعة الشمس حتى لا ترتفع درجة حرارته خلال النهار إذ لو ارتفعت درجة الحرارة يرتفع الضغط داخل الخزان ويدفع المحلول للتدفق إلى الخارج ، ويتغير الضغط داخل الخزان بتغير درجة الحرارة بالليل والنهار ولذا يجب خفض هذا التغير إلى أقصى حد .

ويغطي المجرى العرضى بغطاء لمنع فقد الماء بالبخار ، وينفذ من خلال فتحة فى هذا الغطاء شريط من حصيرة شعرية تغمر نهايته فى الماء ، وتمتد هذه الحصيرة لتبطن قاع مجرى الغشاء المغذى (القناة) ، ومن الممكن أن يوجد عدد من المجرى (القنوات) ذات الحصيرة الشعرية التى تمتد إلى المجرى العرضى (شكل رقم ٣٧) .

توضع البادرات الصغيرة في مكعبات الامتصاص في مجرى الغشاء المغذى (القناة) على الحصىرة الشعرية ويؤدى بخر الماء من سطح المجرى ونتحه من النباتات إلى تحرك الماء بالخاصة الشعرية في الحصىرة الشعرية المتصلة بالمجرى العرضى الممتلئ بالماء ، ويؤدى ذلك إلى خفض مستوى الماء في هذا المجرى حتى تصبح فتحة الحنفية أعلى مستوى سطح الماء فيه ويبدأ عند ذلك تدفق المحلول من الخزان عن طريق الحنفية إلى المجرى العرضى حتى تصبح فتحة الحنفية تحت مستوى سطح الماء مرة أخرى ، وبالنسبة إلى أن مجرى الغشاء المغذى يعتبر عمليا مغلوقا من أعلى فإن أغلب الماء المتبخر عن سطح الحصىرة الشعرية يتكثف على السطح الداخلى في المجرى عائدا إلى الحصىرة الشعرية مرة أخرى ، وإذا أدى بخر الماء من سطح الحصىرة إلى تجمع الأملاح على سطحها فيمكن خفض هذه الأملاح بوضع شريط من البوليثين الأسود بنفس طول وعرض الحصىرة الشعرية فوق الحصىرة ، ويجب أن يثقب هذا الشريط بعمل فتحات فيه تسمح بادخال المكعبات التى تحتوى البادرات حتى تلامس هذه المكعبات الحصىرة الشعرية تمتص الماء والعناصر المغذية منها .

ويذكر Cooper أن التصميم الذى تم وصفه يجب أن يؤدى الغرض منه من الناحية النظرية غير أنه لم يجتبره وهو يرى أنه يحقق الغرض وقليل التكلفة ومن السهل ضبط تركيز العناصر المغذية فيه وذلك بتقدير pH وضبطه عند بدء ملء الخزان ، وكما أنه لا يحتاج إلى أى طاقة كهربائية .

ومن رأيه أيضا أنه يمكن تركيب جهاز الغشاء المغذى على المستوى المنزلى بتبسيط الجهاز التجارى فيتكون من خزان يستقبل المحلول المنصرف وطلبة صغيرة تضخ المحلول من الخزان إلى مدخل قناة الغشاء المغذى مباشرة ويصرف المحلول من هذا المجرى مباشرة إلى خزان الاستقبال . وفى الوحدة المنزلية الصغيرة يحسن استخدام طلمبة صغيرة تحت الماء فى خزان الاستقبال مع ماسورة تنقل المحلول إلى مجرى الجهاز . وتشغيل الطلمبة يرفع قليلا درجة حرارة المحلول ويساعد ذلك على نمو النبات فى المواقع الباردة التى يكون فيها

ارتفاع درجة الحرارة مرغوبا ، أما في المواقع التي يعتمد فيها على الطاقة الشمسية فيمكن استخدام هذه الطاقة في تشغيل المضخة خصوصا وأن الحاجة إلى تدفق الماء قليلة والمساكن في هذه البلاد غالبا ذات أسقف مسطحة مما يجعلها نموذجية لاستخدام الغشاء المغذى .

ويضبط رقم pH بواسطة طريقة المحاليل التي سبق وصفها . أما ضبط تركيز العناصر المغذية فيكون إما بشراء مقياس للتركيز فيصبح بذلك ضبط التركيز أمرا بسيطا وممثلا لما سبق وصفه أو أن يفرغ الخزان مرة كل أسبوع — على سبيل المثال — ثم يملأ بالماء ويضاف إليه الكيس المحتوى على أملاح التغذية (يشترى جاهزا) وهى كافية لمدة تزيد قليلا عن اسبوع لوحدة ذات حجم محدد ، وواضح أن هذه الطريقة سهلة غير أنها تزيد تكلفة التغذية تفريغ الخزان كل أسبوع يعنى إهدار المغذيات التي لا زالت باقية في المحلول ، ولا ننصح — بهدف الحفاظ على هذه المغذيات المتبقية — أن نضيف كيس المغذيات الجديدة اسبوعيا دون تفريغ الخزان إذ قد يؤدي ذلك إلى تزايد التركيز .

والصعوبة الأساسية التي تواجه استخدام هذا الجهاز المبسط هي أن المغذيات المضافة أسبوعيا يجب أن تكون كافية لاحتياجات النباتات ، ولما كانت أنواع وأصناف وحجوم هذه النباتات تختلف اختلافا شديدا فلا مفر من قبول رقم تقريبي فاذا فرضنا أنه يوجد في كل ٣٠ (ثلاثين) سم من طول مجرى الجهاز نبات طماطم واحد يجب أن نوفر له الغذاء فإن إضافة ٩ جم من مخلوط المغذيات ذى التركيب الموضح بمجدول رقم ٢٥ إلى الخزان لكل ٣٠ سم من طول مجرى الجهاز تكون كافية لمدة هذا النبات بحاجته من العناصر المغذية لمدة أسبوع ، وهذا المخلوط من العناصر المغذية هو متوسط ما يمتصه نبات واحد من الطماطم من مغذيات لمدة أسبوع ، وقد حسب هذا المتوسط على مدى ٦ (ستة) شهور ، ويجب أن يسمح حجم الخزان بآلا تزيد درجة التركيز في المحلول بعد إضافة أملاح التغذية عن ٣٠ ($CF=30$) واستخدام

جدول رقم ٢٥
المحتوى النسبي لمخلوط مواد مغذية للإستعمال المنزلي

نسبة مئوية من الوزن الكلى	الرمز	المادة المغذية
٤٥,٤٣٤	$\text{Ca} (\text{NO}_3)_2 \cdot 4 \text{H}_2 \text{O}$	نترات كالسيوم
١٣,٢٤٥	$\text{KH}_2 \text{PO}_4$	فوسفات صوديوم ثنائى الهيدروجين
١١,٠٨٢	KNO_3	نترات البوتاسيوم
٦,٦٤٩	$\text{Mg SO}_4 \cdot 7 \text{H}_2 \text{O}$	كبريتات مغنسيوم
٣,٣٢٤	$\{ \text{CH}_2 \cdot \text{N}(\text{CH}_2 \cdot \text{COO})_2 \}_2 \text{FeNa}$	حديد مخلب
	$\text{Mn Cl}_2 \cdot 4 \text{H}_2 \text{O}$	كبريتات منجنيز
٠,٢٢	$\text{H}_3 \text{BO}_3$	حمض بوريك
٠,٠٠٩	$\text{Cu SO}_4 \cdot 7 \text{H}_2 \text{O}$	كبريتات نحاس
٠,٠٠٩	$\text{Zn SO}_4 \cdot 7 \text{H}_2 \text{O}$	كبريتات زنك
٠,٠٠٤	$(\text{NH}_4) \text{MO}_4 \text{O}_{24} \cdot 4 \text{H}_2 \text{O}$	مولبيدات أمونيوم

عن كوبر Cooper

« جهاز » الغشاء المغذى الصلب rigid متعدد المجارى يلائم تماما الاستخدامات المنزلية والسوق المحلية لقصر طول الخطوط المستخدمة فى هذا الجهاز . أما استخدام جهاز الغشاء المغذى ذى القنوات العادية Universal فيعتبر أكثر مرونة بالنسبة إلى طول الخطوط والمسافات بينها .

وللماء النقى الذى لا يحتوى أى مواد أهمية كبيرة فى تقنيات الغشاء المغذى ، وقد سبق أن أوضحنا ذلك ، ويعتبر ماء المطر نقيا فهو يحكم مصدره ماء مقطر . وأفضل وسيلة للحصول على قدر مناسب من ماء المطر بالنازل فى البلاد غزيرة الأمطار هو أسقف المنازل ، ويعرض بالأسواق وعاء من البلاستيك يمكن توصيله بنهاية ماسورة صرف ماء المطر المنصرف من السقف

فيوصله في ماسورة من البلاستيك إلى حوض للتخزين أو توصله مباشرة إلى خزان المحلول بجهاز الغشاء المغذى .

فخزان المحلول في هذه الحالة يعمل أيضا كخزان لماء المطر إذا زادت سعته ، وزيادة حجم الماء في خزان المحلول التي قد تحدث نتيجة لتجميع الأمطار لا تهم فتركيز المحلول في هذه الحالة ينخفض ، غير أن مقدار — أو وزن — المغذيات فيه (في المحلول) لا يتأثر .

والصعوبة الأساسية التي تواجه الاستخدام المنزلي للغشاء المغذى هي كيفية تجنب المتاعب الغذائية الناتجة عن زيادة أو نقص الحامض والمغذيات المعدنية — ذات التأثير السريع — ولهذا السبب يجدر الاهتمام بدراسة استخدام مصادر عضوية للمغذيات للاستخدام المنزلي .

استخدام الغشاء المغذى في الحدائق المنزلية :

تعنى تنمية النباتات بالمنزل بالنسبة للكثيرين سقى عدد من نباتات القصارى . وعندما ترغب ربة بيت في ممارسة هذا النوع من النشاط تنجه إلى محل الأزهار وتشتري نباتا في قصرية وتضعه في مكان بالمنزل بعد وضع طبق أسفل القصرية ، وفي الغالب لا تنجح العملية نجاحا ملحوظا ولذا يندر أن تحدث جارتها عنها ويتج عن ذلك أن سوق نباتات القصارى غير مزدهرة . وثمة بعض المنازل تضع القصارى في أوعية كبيرة مملأى بالبيت (مادة عضوية) ولو أن ذلك لا يؤثر كثيرا على سوق نباتات القصارى .

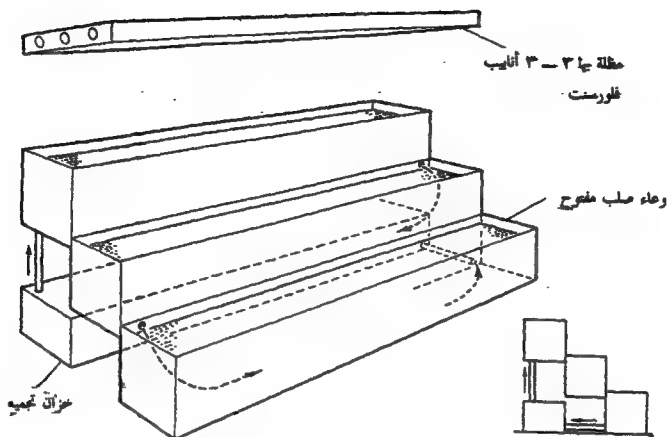
وباستخدام الغشاء المغذى يمكن إيجاد مجال جديد للحدائق المنزلية في أى حجرة ما دامت مجهزة بالتيار الكهربائى . ويوضح شكل رقم ٣٨ تصميم « حديقة » صغيرة ذات حجم ملائم لحجرة المعيشة .

يتكون التصميم من ثلاثة أوعية صلبة مفتوحة ٦٠ سم طولا ونحو ١٥ سم عرضا وعمق ١٥ سم . ويمكن ترتيبها على شكل درجات السلم مع مراعاة أن توضع بميل على طولها (شكل رقم ٣٨) . وبحيث أن المحلول الذى يضاف إلى

الطرف العلوى للوعاء يتدفق نحو طرفه السفلى ثم إلى الطرف الأعلى للوعاء الذى يليه فيتدفق فيه إلى طرفه السفلى ومنه إلى الطرف العلوى للوعاء الأخير وحتى الطرف السفلى له ومنه إلى الخزان وهو ذو حجم مساوٍ لحجوم الأوعية المشار إليها . ويوضع خلف الوعاء السفلى مباشرة وباستخدام مضخة صغيرة مغمورة فى المحلول يرفع المحلول من الخزان إلى الطرف العلوى للوعاء الأعلى . وتملأ الأوعية بكميات من الطين تفرس فيه نباتات سبق تنميتها فى الماء (هيدرويونى) يقوم بتوريدها نفس محل الأزهار الذى يقوم بتوريد « الحديقة » نفسها . ويمكن أن تكون هذه النباتات الجيرانيم التى تلائم الحقائق الداخلية والتى يمكن استبدال القديم منها بنباتات حديثة .

وأعلى الوحدة تثبت مظلة تحتوى ٢ — ٣ أنابيب فلورسنت لتتبر الحديقة وتساعد النباتات على النمو فى الضوء المنخفض فى حجرة المعيشة . ومداومة التغذية أمر بسيط فتوضع أنبوبة فى نهاية الخزان توضح محتواه وتبين ما إذا كان من الضرورى إضافة الماء ، أما الأملاح المغذية فيضاف كيس منها مرة كل ٣ شهور إلى الخزان ، وفى كل عام يفرغ الخزان وينظف ثم يعاد ملؤه من جديد .

ويمكن وضع وحدة الغشاء المغذى فى شرفات العمارات وحتى تشغل أقل مساحة ممكنة تأخذ الوحدة الشكل الرأسى الموضح فى شكل رقم ٣٩ ، ويتكون من الخزان (د) فى القاع وطوله نحو ٦ سم وعرضه وعمقه نحو ١٥ سم ، ويوضع بطول حائط الشرفة ويصب فيه عدد من أنابيب النمو الرأسية (جـ) التى سبق وصفها وتستخدم مضخة صغيرة مغمورة فى الخزان فى ضخ المحلول فى الأنبوبة (أ) التى توصله إلى أنابيب النمو التى لا تحتوى أى مواد صلبة لنمو الجنور . ويثبت هذا الصف من الأنابيب فى حائط الشرفة فوق خزان المحلول مباشرة وفى هذه الحالة يمكن تنمية نباتات الخضر أو الأزهار فى مساحة لا تحتل أكثر من ١٥ سم من أرضية الشرفة التى يشغلها الخزان . كما تعتبر هذه الحديقة ديكور للشرفة فى هذه العمارات العالية . وبالنسبة لكفاية

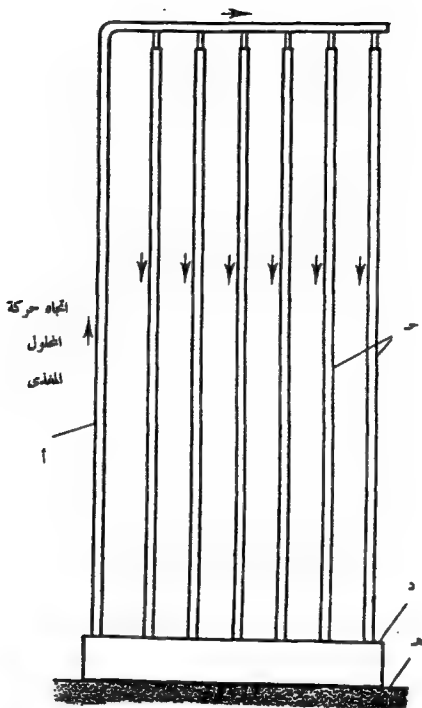


شكل رقم (٣٨) - حديقة منزلية متعددة الأدوار

المضوء وسرعة النمو تحتاج التغذية لمزيد من الاهتمام بما يماثل وحدات الغشاء المغذى في الهواء الطلق والتي سبق وصفها .

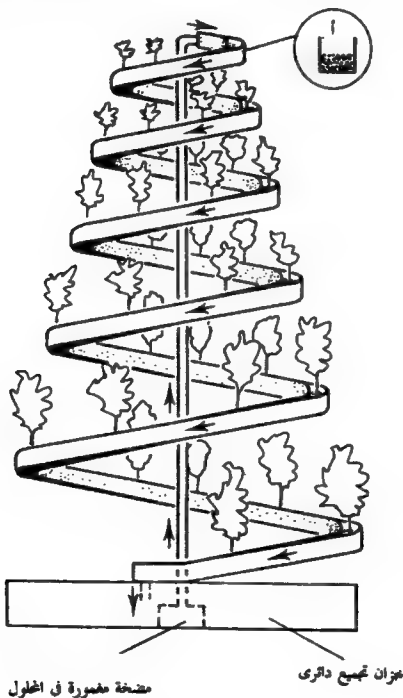
ويمكن زيادة تصميم « درجات السلم » الذى سبق وصفه بإضافة أوعية أخرى لتصبح خمس درجات تغطي الحائط فى فندق أو ما يماثل ذلك ، كما يمكن زيادة طول الأوعية لتصبح نحو ١,٥ م .

ويوضح شكل رقم ٤٠ « حديقة » دائرية تتكون من خزان دائرى تخرج من منتصفه أنبوبة (ماسورة) رأسية تتصل بها فى أسفلها مضخة صغيرة تضخ المحلول من الخزان إلى وعاء (أ) فى أعلا الأنبوبة (١٥×١٥×١٥سم) يخرج منه حلزون يزداد قطرة كلما قل ارتفاعه عن سطح الأرض ويتحرك فيه المحلول من أعلى إلى أسفل حتى يصل إلى الخزان وعلاً الوعاء بحبيبات من الطين المتعدد .



شكل رقم (٣٩) — حديقة منزلية رأسية

ويوجد العديد من التصميمات التي يمكن استخدامها كقواصل بين الحجرات بالمنزل وتتميز بأنها تحتاج إلى القليل من العناية ، ويمكن تركها مدة طويلة دون رعاية ، ولهذه الناحية أهمية خاصة في حالة غلق المكاتب في بعض العطلات الطويلة نوعا في الأجواء الباردة مثل عطلة الكريسماس والتي يحدث كثيرا أن توقف التدفئة خلالها . ويمكن في هذه الحالة وضع سلك تسخين Heating element في الخزان ليضمن ألا تعاني النباتات من انخفاض درجة الحرارة . وليس هناك حاجة لحضور أحد الأشخاص إلى المكتب لسقي النباتات .



شكل رقم (٤٠) — حديقة دائرية

وقد يمكن الجمع بين بعض هذه التصميمات وبين التصميم الذى يستخدم فيه الخاصة الشعرية الذى سبق وصفه ، ويؤدى ذلك إلى مزيد من التبسيط حيث يمكن الاستغناء عن المضخة وعن الطاقة الكهربائية .

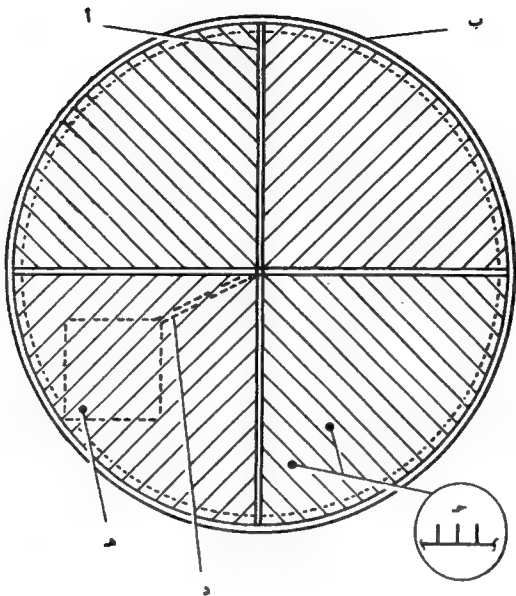
انتاج الأبهال والمسطحات :

يلو لأول وهلة أن استخدام الغشاء المغذى لا يلائم انتاج الأبهال ، غير أنه يمكن الحصول على ابهال جيدة إذا ما أمكن للبصلة أن تستقر في مجرى الغشاء . فمجرد القاء أبهال الدافوديل Daffodils في مجرى الغشاء كافٍ لنموها ، ولا يهم إن كانت البصلة في وضع قائم أو على أحد جوانبها . كما لا تتأثر إذا كانت عند حافة المجرى أو في وسطه إذ يتكون نمو جيد للجنور أغلبه فوق سطح المحلول ، وتنمو السوق متجهة نحو القمة والفضوء وتتكون زهرة عادية وذات صفات جيدة . ولو أن تجارب انتاج الأبهال في الغشاء المغذى قليلة ولا تزال الحاجة واضحة لمزيد من هذه التجارب .

كما يمكن انتاج المسطحات الخضراء بالغشاء المغذى فستستخدم مجارى عريضة غير عميقة ومفتوحة ذات طول مناسب يتدفق فيها مع انحدارها تيار ضعيف غير عميق من المحلول ويطن قاعها « حصيرة شعرية » وتثر البنور على سطح الحصيرة المرطبة ، فلا تلبث خلال أيام قليلة أن تتخلل جذور البادرات طبقة الحصيرة الشعرية ، وسريعا ما تصل إلى الحجم المناسب لتسويقها ، وإذا كانت الحصيرة الشعرية قوية النسيج بالإضافة إلى النسيج اللينى الجذرى فإنه يمكن لنموها مثل السجادة ويسهل فردها في الموقع المراد زراعتها فيه ، ويجب ملاحظة أن يكون طول وعرض المجارى مناسبة حتى ييسر تغطية المساحة المطلوبة يدويا .

ويعتبر إنتاج المسطحات الخضراء بطريقة الغشاء المغذى بالآتى :

- اختيار أصناف وأنواع نباتات المسطح .
- رفع المسطح لا يتأثر بالظروف الجوية .



شكل رقم (٤١) — مرقدينات أزهار دائري

— يمكن لف المسطح فيوفر نفقات القطع وكذا نفقات غرس كل نبات على حدة .

— انخفاض التكلفة أيضا لانخفاض الوزن لعدم إلتصاق التربة بالجنور .

إنتاج نباتات الزينة والنباتات الدوائية :

(أ) إنتاج نباتات الزينة :

سبق وصف استخدام مجموعة القنوات المغطاة بغطاء صلب ذى فتحات لغرس النباتات فيها تتوافق مع خطوط المجارى ، ويمكن عمل هذه المجماع في أى شكل وفى مختلف التوافق لتكون مرقد لنباتات أزهار الزينة ، ويوضح شكل رقم ٤١ مرقدًا دائريًا .

وأسفل المرقد الدائرى خزان يستقبل المحلول (هـ) ويضخ المحلول بواسطة مضخة رأسية (د) إلى أنابيب التوزيع الأربع (أ) التى تصب المحلول فى مجموعة القنوات (جـ) التى يتدفق فيها المحلول إلى انبوبة الصرف الدائرية (ب) ومنها عن طريق أنبوبة أخرى يتدفق المحلول إلى خزان التجميع (هـ) ويجب أن يكون لمجموعة القنوات ميل بسيط نحو قناة أو انبوبة الصرف (ب) . ويمكن أن تكون المجموعة على سطح الأرض ويكون خزان التجميع فى هذه الحالة مدفونًا تحت سطح الأرض ، أو أن ترتفع مجموعة القنوات — أو الأنابيب — عن سطح الأرض ، وفى هذه الحالة يحاط مرقد النباتات بحافة وتغطى مجموعة القنوات بغطاء صلب ذى فتحات ، نغرس مكعبات النباتات من خلال هذه الفتحات وعادة تغطى النباتات معظم الغطاء .

وقد استخدمنا لفظ « الأزهار » عند استخدام نباتات من الجيرانيوم والبتونيا والماريجولد وغيرها ، غير أننا لا نجد ما يمنع منع استزراع « أشجار » مثل المخروطيات Conifers لاستخدامها كنباتات زينة جميلة . وحتى الأشجار الكبيرة يمكن زراعتها إذا وفرنا لها ما تستند إليه جذوعها ، وكذا — مع بعض التحوير — يمكن إستزراع الأبسطة الخضراء ، ويعطى استزراع حافة من « الجازون » حول مرقد الأزهار منظرًا جميلًا .

و « مرقد الأزهار » التى وصفناها تلائم الحدائق فى المناطق الحارة الجافة لأنها تخفض فقد الماء إذ لا يحدث إلا عن طريق أوراق النباتات كما أنها توفر

العمالة بالحديقة . وبالنسبة إلى إمكان وضع هذه المراقد على أى مسطح حتى الأسمتية فهي من أفضل ما يلائم حدائق السطح ، وهذه الحدائق نادرة في مناطق المصانع والمكاتب والمحلات ، وأحد أسباب ذلك وزنها الكبير بالنسبة لأغلب السطوح مما يجعل من الضروري إنشاء تقوية لهذه الأسقف بينا وزن حديقة الغشاء المغذى لا يشكل وزنا يذكر كما أن شكل مراقد الأزهار في الغشاء المغذى يلائم حدائق الأسطح ذات الشكل الهندسى Formal .

والواقع أن استخدام الغشاء المغذى في البستنة لا يزال وليدا ، وقد يتطور ليصبح فرعاً من فروع البستنة ذا قيمة خاصة في المناطق الرملية الجافة وفي المناطق السكنية .

(ب) إنتاج النباتات الدوائية :

يوجد عدد من المركبات الدوائية التي تستخلص من جذور النباتات فقط ، وفي رأينا أن إنتاج هذه النباتات باستخدام الغشاء المغذى يوافق تماما احتياجات صناعة الدواء لأنها تخفض نفقات الانتاج وتزيد الانتاجية .

فبالنسبة لخفض تكلفة الانتاج فنحن نعرف أن زراعة هذه النباتات في الأرض يقتضى نزعها من التربة (عندما يسمح الجو بذلك) وتكون حبيبات التربة ملتصقة بالجذور ، بينا في حالة استخدام الغشاء المغذى يمكن الحصول على الجذور دون أى ارتباط بحالة الجو وبسهولة ، وبالنسبة إلى « غسيل » الجذور بصفة مستمرة طوال نموها ، ولعدم وجود أى مواد صلبة فإن الجذور تكون صالحة للتصنيع مباشرة . وإذا استخدم النظام الذى يكفل الزرع والحصاد ذاتيا — آليا — وهو ما وصفناه مسبقا فإن هذا يؤدي إلى مزيد من خفض التكاليف ، وترتفع الانتاجية أيضا باستخدام الغشاء المغذى نتيجة للمزايا التي يكفلها هذا النظام خصوصا التحكم في الظروف المحيطة بالجذور ، وعلى سبيل المثال ، من المعروف أنه إذا كان المحلول المستخدم مخففا ، فإن نسبة الجذور إلى الجذع تزداد ، فإذا كان انتاج المادة الدوائية متناسبا مع وزن الجذور

فإن إنتاج هذه المادة الدوائية سوف يزداد بزيادة وزن الجنود . وبالمثل يمكن تصور استخدام الغشاء المغذى للحصول على حبوب لقاح الأزهار .

إنتاج بعض حاصلات الخضر بنظام الغشاء المغذى :

تزرع أغلب حاصلات الخضر بالشتلات بعد انبات بنورها في أحواض أو غيرها من الطرق وقد أوضحنا ذلك في موقع آخر من هذا الكتاب غير أننا نذكر القارئ بأن الشتلات التي تزرع في قنوات الغشاء المغذى يجب ألا تكون قد استتبت في التربة حتى لا ينقل معها ما في التربة من فطريات وأمراض إلى الغشاء المغذى فضلا عن أن تغيير بيئة النمو من التربة إلى الماء قد لا تتحملة جذور الشتلة المنقولة .

ويفضل العديد من الزراع إنتاج الخضر في الحميات حتى يتحكموا في موعد الحصاد ليتجنبوا تسويق المحصول في فترات زيادة العرض عن الطلب (من الخضر المزروعة في العراء) مما يؤدي إلى انخفاض أسعار منتجاتهم وقد أشرنا إلى الزراعة المحمية بإيجاز في موقع آخر من هذا الكتاب ويمكن الرجوع إلى كتابنا « الزراعة المحمية » لمزيد من التفاصيل عن هذا الموضوع . ومن أهم الخضر التي يحقق منتجوها أرباحا طيبة باستزاعها في الحميات ، الطماطم والخيار والفلفل والكائنات البوب ويمكن الاستعانة ببعض الكتب المتخصصة في علوم الخضر مثل أساسيات إنتاج الخضر لأحمد عبد المنعم حسن فيما يتصل بالأصناف والعمليات الزراعية الخاصة بكل محصول .

وتقنيات الغشاء المغذى لا تتأثر سواء في العراء أو داخل الصوب وتعمل المنتج أكثر قدرة على توفير الظروف الأكثر ملاءمة للمحصول المراد إنتاجه .

إنتاج الطماطم في الصوب

الطماطم من حاصلات الخضر شائعة الاستهلاك على مدار العام ، ويقبل العديد من الزراع على إنتاجها ، غير أن العامل الأساسي في تحقيق أرباح عالية من إنتاجها ليس هو حجم المحصول الناتج وتكلفة إنتاجه فقط بل هو موعد

تسويق هذا المحصول ، ويتحدد ذلك من موعد شتلها ، فالملدة بين موعد الشتل وموعد الحصاد نحو سبعين يوما ، فالزراع يستطيع أن يعرف مقدما موعد تسويق محصوله من موعد شتل النباتات .

وبالنسبة للإقبال على زراعة الطماطم في الحقول المكشوفة فزراعة الطماطم بالمحميات تعتمد على اختيار موعد تسويق المحصول الذى يقل فيه تسويق إنتاج الحقول المكشوفة ويتجنب زراع الحقول المكشوفة شتل حقولهم بالطماطم خلال الفترات شديدة البرودة من ديسمبر حتى فبراير والفترات شديدة الحرارة من ابريل إلى يونيو وبنا يقوم زراع المحميات بشتل محصولهم في هذه المواعيد ما دام جو المحمية يحمى الشتلات من شدة البرد أو شدة الحر .

ويكون تسويق انتاجهم في الفترة من يوليو حتى اكتوبر أو من مارس حتى مايو ، وبنا يحققون ربحا طيبا لإنفرادهم بالسوق .

تربية وتقليم النباتات :

تحتاج بعض حاصلات الخضر إلى تربيتها حتى يمكن الحصول منها على أعلى إنتاجية ويكون ذلك عادة بتوجيه النباتات لتمدد حتى تنتج أكبر قدر من الأزهار ويستعان في ذلك بربط النباتات في أسلاك وسنوضع ذلك في حالة الطماطم كما يلي :

في حالة تربية الأصناف المهجنة غير محدودة النمو داخل الصوب وباستعمال تقنيات الغشاء المغذى فإن النباتات ترى رأسيا على ساق واحدة (شكل ٤٢) بالطريقة الآتية :

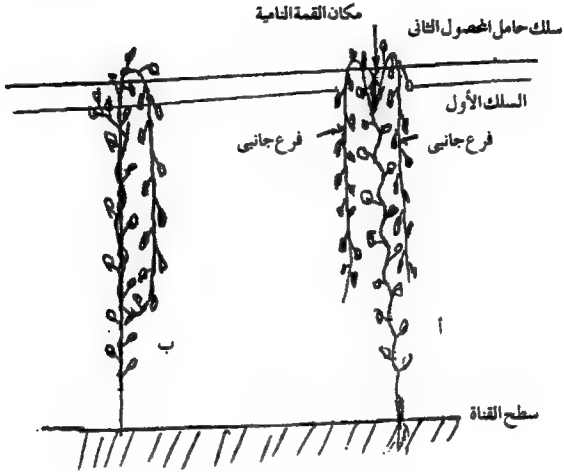
١ — عندما يصل طول النباتات إلى ٢٠ — ٢٥ سم ، يربط خيط فوق كل نبات على حامل المحصول يتدلى إلى أسفل بحيث يصل الخيط إلى سطح قناة الغشاء المغذى .

٢ — تربط الخيوط المدلاة حول ساق النبات من أسفل على شكل دائرة قطرها ٣ — ٤ سم تقريبا . وقد يستعاض عن ذلك بشد خيط أفقى بجانب كل

الطريقة (أ)

الطريقة (ب)

Dutch Back system



شكل رقم (٤٢) - يوضح الطريقة أ، ب المتبعة في تربية الطماطم

صف بطول الصوبة وتربط فيه الخيوط الرأسية التي سوف تبنى عليها النباتات . وتوجه النباتات على الخيط الرأسى بشكل حلزوني في إتجاه واحد مرتين في الأسبوع حتى لا ترعى النباتات .

٣- تجرى عملية السرطنة (تقليم الأفرع الجانبية) في الصباح الباكر وذلك بإزالة الأفرع الجانبية التي تتكون في آباط الأوراق عندما يصل طولها ٣ - ٥ سم كل ٢ - ٣ يوم .

٤- عندما يبدأ جمع المحصول تزال الأوراق السفلية الموجودة أسفل العنقود الذى تم جمعه لإعطاء الفرصة لزيادة التهوية والإضاءة .

٥- عندما تصل النباتات إلى مستوى سلك حامل المحصول الموجود على إرتفاع حوالى ٢ متر ، ترى النباتات بعدة طرق أبسطها هى :

أ - تقصف القمة النامية مع ترك آخر فرعين جانبيين قبل القمة النامية لتنمو وتوجه من فوق السلك إلى أسفل ، وتسقط الفروع الجانبية بنفس طريقة سرة الساق الرئيسية .

ب - وتسمى Dutch back system وفيها تترك القمة النامية للساق الرئيسية بدون إزالة . وعندما تصل إلى أعلى السلك توجه القمة النامية على الخيط المجاور إلى أسفل حتى تصل إلى حوالى ٩٠ سم من سطح القنطرة حيث توجه بعد ذلك إلى أعلى ثانية على الخيط الأصل .

التحكم فى النمو الخضري للنبات فى ضوء خافت :

تعانى النباتات المثمرة مثل طماطم الصوب فى المناطق الشمالية (من الكرة الأرضية) من عدم كفاية الطاقة الضوئية ، وتحت هذه الظروف يقتضى تنظيم النمو الخضري وتشجيع تكون الثمار بتوجيه أغلب نواتج الكلوروفيل (الأيض) نحو النمو الثمرى ، وإذا لم يتحكم المنتج فى هذا النمو الخضري فلن يحصل إلا على نمو ثمرى ضئيل .

ويوفر نظام الغشاء المغذى ظروف مثالية للنمو السريع للنبات ، فإذا أريد خفض النمو الخضري فإن نظام الغشاء المغذى أيضا ييسر تنفيذ ذلك وبصفة مستمرة بشكل يفوق أى طريقة أخرى .

وفى حالة طماطم الصوبة مثلا إذا سخن المحلول المغذى بحيث يصل إلى قنوات الغشاء المغذى فى درجة ٣٢°م وإذا ثبتت درجة حرارة الهواء عند ٢٠°م فإن هذه الظروف تضمن عقد الثمار ونموها . وإذا ضبط الترموستات

عند درجة ٩°م في الليل فإن هذه الدرجة المنخفضة ليلا تقلل النمو الخضري وتنتج نباتا مندمجا ذا سلاميات قصيرة ، وبذا يتحقق إثمار جيد حتى في حالة البذر المبكر تحت ضوء خافت . هذا التحكم في حرارة الجنور والسيقان أساس التحكم في النمو الخضري . وقد يمكن وقف إدارة المحلول المغذى بعض الوقت خلال النهار فتعطش النبات يزيد النمو الثمرى غير أن ذلك لم يتم اختباره إذ قد يؤدي نقص الماء إلى نقص في المحصول وهو ما حصل عليه كوبر في إحدى تجاربه .

ويقترح أيضا زيادة تركيز المحلول المغذى كوسيلة لتقليل النمو الخضري كنتيجة لنقص القدرة على امتصاص الماء ولكن هذه الطريقة تخفض النمو الخضري والثمرى معا . ولو أن في بعض الأحيان لسبب غير واضح يؤدي وقف تدفق الماء إلى جنور النباتات إلى تقليل النمو الخضري دون أن يؤثر على النمو الثمرى .

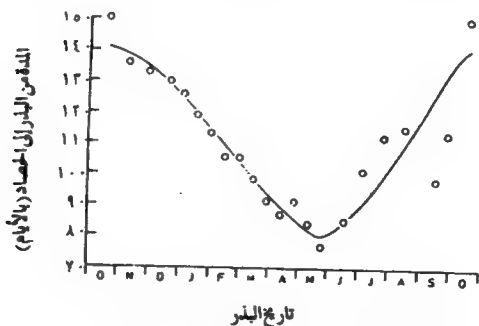
ولا يكتمل موضوع استخدام الغشاء الغذى لإنتاج الحاصلات ما لم نشر إلى إنتاج الطماطم ذات العنقود الواحد ، فالطريقة — الغشاء المغذى — أصلا قد اقترحت من أجل تحقيق هذا الإنتاج وكان أول نبات زرع بهذه الطريقة هو نبات طماطم ذو عنقود واحد .

وكان الهدف الذى أجريت من أجله التجربة بعد التجارب التمهيدية التى أجراها كوبر هو إنتاج طماطم على مدار العام في جنوب إنجلترا ، فقام بذر الطماطم كل أسبوعين ولمدة ٢١ اسبوعا باستخدام تقنيات الغشاء المغذى ، وازيلت الأفرع الجانبية وكذا القمة النامية لكل نبات ابتداء من الورقة الرابعة فوق العنقود الثمرى الأول . ويوجد عادة ثلاث ورقات بين كل عنقودين ثمرين . كما أوضحت الدراسات التمهيدية أن محصول العنقود الثمرى الواحد يرتبط بعدد الأوراق التى تترك أعلاه فيزداد المحصول بزيادة عدد الأوراق المتروكة .

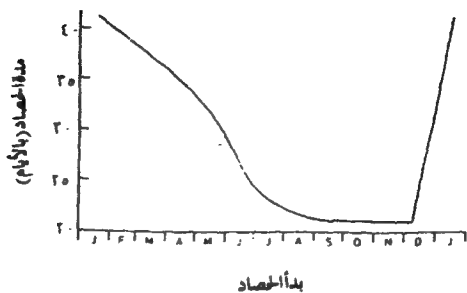
ويوضح شكل رقم ٤٣ علاقة أعمار النباتات عند بدء الحصاد (عدد الأيام من وقت البذر) وتاريخ البذر ، ومنها نعرف أن أقصر مدة بين البذر والحصاد هي تقريبا ١١ أسبوع أمكن تحقيقها من البذر في شهر مايو وأن أطول مدة هي نحو ٢٠ أسبوعا عند البذر في أكتوبر . كما أن مدة الحصاد كانت من حد أدنى ٣ أسابيع عندما بدأ جمع الثمار في سبتمبر ، أكتوبر أو نوفمبر إلى حد أقصى ٦ أسابيع عندما كان الحصاد في يناير ، ويوضح شكل رقم ٤٤ الإتجاه السنوى بين هذين الحدين .

وفي البلاد التى تستخدم الرش لإنضاج الثمار يمكن التخلص من المدة التى يتم فيها جمع المحصول وجمعه كله مرة واحدة .

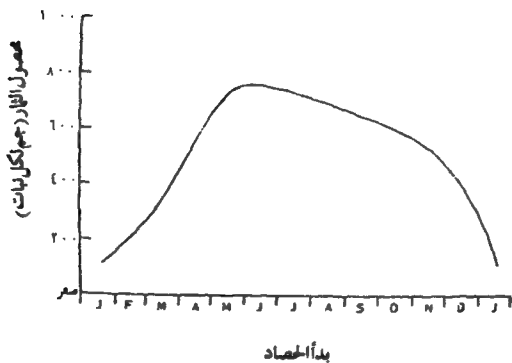
ويتراوح مقدار المحصول من ١٠٠ (مائة) جم لكل نبات عندما يبدأ الحصاد في يناير إلى نحو ٨٠٠ جم (ثمانمائة) لكل نبات عندما يبدأ الحصاد في يونيو (شكل رقم ٤٥) ، وقد أمكن الحصول على هذا المحصول بدون حقن هواء الصوبة بثانى أو أكسيد الكربون ، فإذا حقن الهواء بثانى أو أكسيد الكربون زاد المحصول المنخفض كثيرا فى حالة الضوء الخافت . ويمكن استخدام الخنادق مع التهوية الذاتية التى سبق وصفها فى إنتاج الطماطم ذات العنقود الواحد .



شكل رقم (٤٣) — علاقة أعمار النباتات عند بدء الحصاد وتاريخ البذر



شكل رقم (٤٤) — علاقة تاريخ بدء الحصاد ومدة الحصاد



شكل رقم (٤٥) — العلاقة بين تاريخ بدء الحصاد ومقدار المحصول

ويمكن استخدام بعض الوسائل لتحسين عقد الثمار داخل الصوب بتوفير رطوبة نسبية نحو ٧٠٪ وهز الأسلاك التي ترجى عليها النباتات لمساعدة وصول حبوب اللقاح إلى مياسم الأزهار نظرا لعدم وجود رياح داخل الصوبة كما يمكن رش الأزهار ببعض منظّمات النمو التي تساعد على تحسين عقد الثمار وقد أوضحنا ذلك في موقع آخر من هذا الكتاب .

الفلفل الحلو

يحتاج الفلفل إلى درجة حرارة ١٧ — ١٨°م ليلا و ٢٢ — ٢٤°م نهارا ويتوقف النمو وعقد الثمار في درجات الحرارة المنخفضة (١٠°م) كما لا يتحمل النبات درجات الحرارة العالية إذ تكون الثمار التي تعقد في درجة حرارة ٢٧ — ٢٨°م صغيرة مشوهة ولا يحدث عقد الثمار في درجة حرارة ٣٣ — ٣٥°م.

وكما هو الحال في الطماطم يبدأ الإثمار بعد نحو ٧٠ — ٨٠ يوما من الشتل وبذا يمكن للمنتج أن يعرف موعد تسويق محصوله .

أصناف الفلفل الملائمة للنمو في الحميات والعمليات الخاصة بالحقول يمكن الرجوع إلى بعض الكتب المتخصصة .

التربة والتقليم :

يرى حسن أنه لا فائدة من إجراء تقليم لنباتات الفلفل في الزراعات المحمية ولكن يكفي بتدعيم النباتات لحماية الأفرع من الميل إلى أسفل والإنكسار .

الكاتالوب

يحتاج الكاتالوب إلى جو دافئ فدرجة الحرارة المناسبة لإنبات بفوره ٢٥ — ٣٠°م وأنسب درجة حرارة للنمو الخضري ١٨ — ٢١°م ليلا و ٢٣ — ٢٧°م نهارا ويجب ألا تزيد نسبة الرطوبة الجوية عن ٦٠ — ٦٥٪

حول النباتات حتى لا تزداد الإصابة بالفطريات وينخفض المحصول إذا زادت عن ذلك أما إنخفاض نسبة الرطوبة عن ذلك فيؤدى إلى سقوط الأزهار .

ويبدأ نضج الثمار بعد ٨٠ — ١٠٠ يوما من الزراعة حسب الصنف وموعد الزراعة ويمكن تحسين عقد الثمار بتريية النحل قرب الصوبة أو بداخلها .

التريية والتقليم :

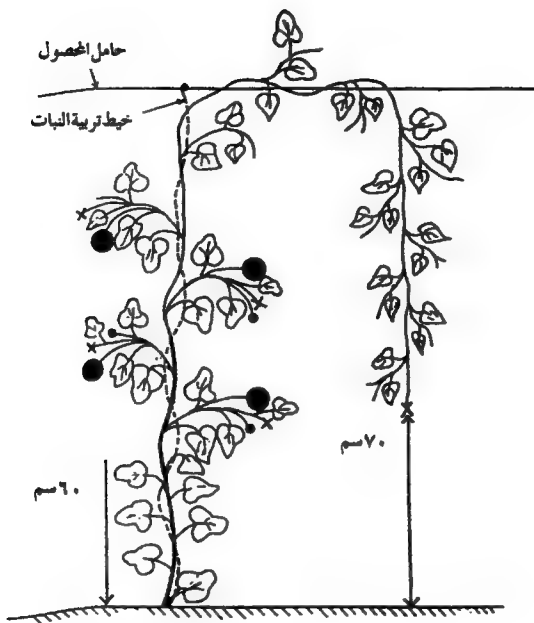
الكانتالوب يربى رأسيا وهى صفة تلائم تقنيات الغشاء المغذى كما يلى :

- ١ — تربط النباتات رأسيا على الخيوط .
- ٢ — تزال جميع الأزهار والأفرع الجانبية الموجودة على ساق النبات حتى ارتفاع ٨٠ — ١٠٠ سم بعدها يحتفظ بأربع أفرع جانبية .
- ٣ — تقصف القمة النامية لهذه الفروع الأربعة فى وقت واحد ، وذلك عندما تعقد الثمار التى عليها وتصبح فى حجم البيضة .
- ٤ — يترك النبات لينمو رأسيا بعد ذلك مع تقليم الفروع الجانبية على ٢ — ٣ ورقات إذا كان النمو الحضرى قويا .
- ٥ — عندما تصل الثمار المرباه إلى مرحلة اكتمال الحجم الأخضر يمكن تربية ٢ — ٣ فروع أخرى من قمة النبات بنفس الطريقة (شكل ٤٦) .

الخيار

— الإحتياجات البيئية :

تنبت بذور الخيار عند درجة حرارة من ٢٥ — ٣٠°م . وأحسن درجة حرارة لنمو النبات هى من ١٨ — ٢٠°م ليلا و ٢١ — ٢٤°م نهارا . ويؤدى انخفاض درجة حرارة الليل عن ١١°م إلى بطء نمو النبات ، وقلة عدد الثمار الناتجة .



شكل رقم (٤٦) — رسم تخطيطي لطريقة تربية نبات الكانتالوب

- × - ترمز إلى مكان الطويش
- - ترمز إلى الثمرة التي تبقى على النبات
- - ترمز إلى الثمرة التي تزال

ويؤدى لارتفاع نسبة الرطوبة إلى إنتشار الأمراض الفطرية . كما أن لارتفاع تركيز غاز ك أ₂ داخل الصوب حتى ١٣ ٪، يؤدى إلى زيادة النمو الخضري ، والتكثير في تكوين البراعم الزهرية ويعمل على زيادة نمو البراعم الجانبية .

— الأصناف :

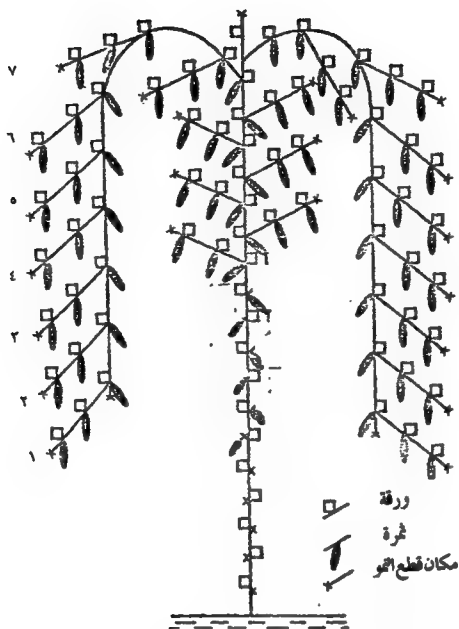
يجب أن يتوافر في أصناف الخيار التي تزرع تحت المحميات المواصفات التالية :

- ١— أن تكون من الأصناف المهجين ذات إنتاجية عالية .
- ٢— يمكن تربيتها رأسيا .
- ٣— أن تتحمل الجو البارد ، وأن تكون لإحتياجاتها الضوئية أقل من أصناف الحقل المكشوف .
- ٤— أن تكون مقاومة للأمراض الفطرية .
- ٥— أن تكون ذات أزهار مؤنثة فقط وقادرة على العقد البكرى حتى نحصل على محصول عال دون الحاجة إلى التلقيح بالحشرات .
- ٦— أن تكون ذات مواصفات مقبولة للتسويق المحلي والخارجي .

— تربية وتقليم النباتات :

يتم تربيط نباتات الخيار عندما تصل إلى ٤ — ٥ أوراق حقيقية ، حيث يربط كل نبات بواسطة خيط من قاعدة الساق ويتجه إلى أعلى ويربط في سلك حامل المحصول بطريقة يمكن معها إدخال الخيط أو شده حسب حالة نمو النبات . وتتم عملية تقليم النباتات (تربية النباتات) بهدف إحداث توازن بين النمو الخضري والنمو الثمرى للنبات ، حيث يخرج في إبط كل ورقة على الساق الحقيقية ثمرة وفرع جانبي . وتتم هذه العملية بطريقتين :

الطريقة الأولى (شكل ٤٧) :



شكل رقم (٤٧) - التربية الرأسية للخيار (الطريقة الأولى)

١- تزال جميع الثمار والفروع الجانبية على العقد الست الأولى (حتى لارتفاع ٦٥ سم) .

٢- يسمح بنمو الفرع الجانبى على العقد الست التالية ، يسمح كذلك بنمو ثمرة عند العقدة الأولى من كل فرع ، لكن لا يسمح بنمو ثمار على الساق الأصلية ، كما تقطع جميع الأفرع بعد العقدة الأولى (حتى ارتفاع ١٣٠ سم) .

٣- يسمح بنمو الفرع الجانبى على العقد الست التالية ويسمح كذلك بنمو ثمرتين عند العقدتين الأولى والثانية من كل فرع ، وبنمو ثمرة على الساق الأصلية عند كل عقدة وتقطع جميع الأفرع بعد العقدة الثانية (حتى إرتفاع ١٨٠ سم) .

٤- يسمح بعد ذلك بنمو فرعين جانبيين يتدليان لأسفل من الجانبين ، ويسمح لكل فرع بأن تنمو به ثمرة وفرع جانبى عند كل عقدة ، كما يسمح لكل فرع جانبى بتكوين ثمرتين ، ثم يقطع بعد العقدة الثانية .

أما الطريقة الثانية (شكل ٤٨) ، فيكون التقليم فيها كالتالى :

١- لا يسمح بنمو ثمار أو فروع على العقد الثمان الأولى (حتى ارتفاع ٩٠ سم) .

٢- يسمح بنمو الثمار على العقد الثمان التالية ، ولكن لا يسمح بنمو أفرع جانبية حتى ارتفاع ١٨٠ سم .

٣- يسمح بنمو فرعين جانبيين بعد ذلك يتدليان لأسفل ، ويحمل كل منها ثمارا عند العقد ، دون أن يسمح بنمو أفرع ثانوية عليها .



شكل رقم (٤٨) — التربية الرأسية للخيار (الطريقة الثانية)

— تحسين عقد الثمار :

يحدث في بعض الأحيان أن الثمار لا تعقد عقدا كاملا وتكون الثمار صغيرة وتصيب صفراء وغير صالحة للاستهلاك في حوالى ٤٠ — ٥٠٪ من الثمار المتكونة على النبات ، ويرجع ذلك إلى العوامل الآتية :

- ١ — أن عملية التقليم لم تتم بصورة جيدة ، مما يؤدي إلى إختلال التوازن بين النمو الخضري والثمارى .

٢ — إصابة النباتات بالآفات أو الأمراض ، وبالتالي يقل معدل النمو وتصبح النباتات غير قادرة على تغذية معظم الثمار بشكل جيد . ولذلك فمقاومة الآفات بصورة جيدة أمر ضرورى .

٣ — انخفاض درجة حرارة الجو إلى أقل من ١٢°م وبالتالي يقل الإمتصاص ونمو النبات وبالتالي يجب العمل على تدفئة محلول الغشاء المغذى كما سبق ذكر ذلك .

— الحصاد :

يبدأ جمع المحصول بعد حوالى ٤٥ — ٦٠ يوم من الشتل فى قنوات الغشاء المغذى .

أثر استخدام الغشاء المغذى على تسويق المنتجات :

من خصائص الانتاج باستخدام الغشاء المغذى أن المنتجات ذات مجموع جذرى لا تعلق به أية مواد صلبة . ولهذه الخاصية مزايا كثيرة حسب نوع المنتج .

ففى حالة إنتاج الخس بالطريقة العادية — فى التربة — يقطع الخس (جزء من الرأس) وتنزع الأوراق القاعدية وتغلف الخسة فى كيس من البوليثن وتصف هذه الأكياس فى صناديق من الكرتون للتسويق ، أما فى حالة استخدام الغشاء المغذى فلا داعى لقطع الخسة بل يكفى أن تنزع من قناة الغشاء المغذى بجنورها كاملة ، والجذر فى هذه الحالة يكون مستديرا ذا قطر يقل عن قطر الخسة ويمكن نزع أى أوراق قاعدية تالفة وتوضع الخسة كاملة بجنورها فى كيس البوليثن ، وبالنسبة لأن الخسة لا زالت محتفظة بجنورها اللينة الرطبة داخل الكيس البوليثنى تظل طازجة فترة أطول أى يمكن نقل الخس إلى مسافات طويلة ويظل فى حالة طازجة وهى صفة ذات أهمية عندما يراد نقل الخس من شمال افريقية إلى شمالي وغربى أوروبا على سبيل المثال . بعد وصول شحنة الخس عند البائع تقطع الجنور عادة ويسوق بالطريقة المعتادة غير أنه من الأفضل أن تتغير طريقة البيع — بالقطاعى — هذه للاستفادة من استخدام

الغشاء المغذى فى الإنتاج إذ يمكن وضع الخس بجنوره فى صوانى تحتوى على قليلا من الماء فلا يقطع منها شئ ويحصل المشتري على خس أجود وطازج . ومن الممكن أيضا ترك الخس داخل الأكياس البوليثين ويعرض فيها للبيع ويوضع علامة على الخس المنتج توضح أنه إنتاج الغشاء المغذى فيمكن الحصول على سعر خاص له للجودة التى يتصف بها فضلا عن أنه طازج ، وترداد المبيعات بالتركيز فى الاعلانات على أنه « خس طويل العمر » Long-life NFT lettuce ، ولا يوضع هذا الخس فى الثلاجة بل يوضع فى طبق به ماء فيمكن للمشتري استهلاكه على مدى فترة أطول . وافضل وسيلة فى تسويق أصول النباتات المنتجة باستخدام الغشاء المغذى أن يخصص للمنتج مكانا للبيع يكون به مجموعة من قنوات الغشاء المغذى مشابهة إلى حد كبير للمجموعة المستخدمة فى الإنتاج ، وينقل إليها الأشجار والشجيرات التى يراد تسويقها وتقل نفقات النقل لأن النباتات لا تكون فى أوعية ملأى بالأسمدة المبللة كما هى العادة ، كما يمكن تصنيف النباتات متلاصقة فوق بعضها لعدم وجود الأوعية ، وتوقف النباتات عند وصولها فى قنوات الغشاء المغذى فى الموقع المعد لذلك حيث تكون التغذية والرى ذاتيا حتى يتسلمها المشتري ، وبعد أن يوضع الجذر فى كيس بوليثين ، وبذا يخفض استخدام الغشاء المغذى تكلفة النقل والصيانة حتى يتم بيعها فضلا عن توفير قيمة الأوعية وما يتصل بها .

استخدام الغشاء المغذى فى انفاق الفراولة :

نسبت هذه الانفاق إلى الفراولة لشيوع استخدامها فى إنتاج الفراولة ، وهى عبارة عن عدد من أنصاف دوائر من السلك المجلفن تغرس أطرافها فى التربة على أبعاد نحو ٧٥ سم وتبلغ المسافة بين طرفى الحلقة نحو ٦٠ سم فى القاعدة وارتفاعها نحو ٦٠ سم أخرى . ويفرد غشاء البوليثين المقاوم للأشعة فوق البنفسجية فوق هذا الصف من الحلقات ابتداء من الحلقة الأولى بدفن أحد طرفى الغشاء (يبلغ عرض الغشاء ١,٢ م) ويشد فوق الحلقات ويثبت فى نهاية الصف ويغرس طرفا حلقة من نفس السلك ممائلة للحلقات السابقة

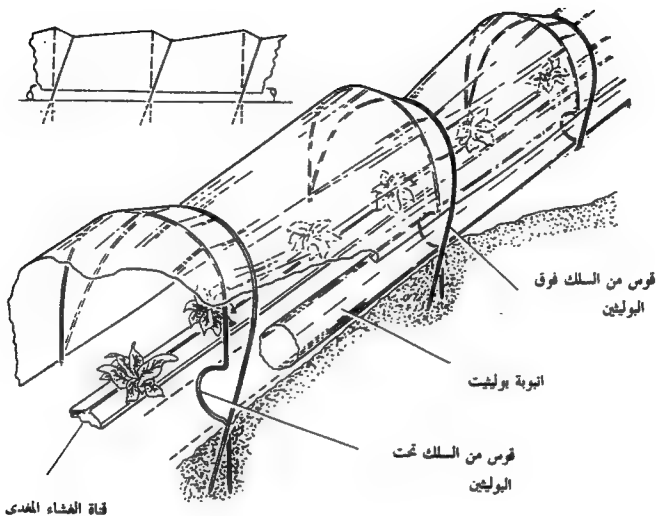
ومجاورة لكل حلقة فوق الغشاء في التربة لزيادة تثبيت الغشاء ، كما يمكن استخدام شريط من البولي يوريثيل بلفه حول طرف الحلقة وشده ثم لقه في طرف الحلقة الآخر . ويمكن خدمة المحصول برفع الغشاء فيما بين إحدى الحلقتين الداخلية والخارجية ثم إعادتها .

وتستخدم قنوات الغشاء المغذى في حالة محصول قليل الارتفاع بوضعها داخل الخندق . ويتميز محلول مغذٍ ذى حرارة مرتفعة نوعا يمكن تنمية النباتات في درجات حرارة هواء منخفضة عن الدرجة التي تفضلها . كما تنتشر الحرارة من المحلول المغذى إلى الهواء المحيط بالنباتات داخل النفق ، ويعتبر ذلك وسيلة لمقاومة الصقيع . كما يمكن تجهيز الخندق بأنبوبة ومروحة تدفع الهواء داخل النفق . ويثبت في أنبوبة التهوية ترموستات في منتصف النفق الأوسط ، وعندما ترتفع درجة الحرارة نتيجة أشعة الشمس تقوم الترموستات بإيقاف المروحة وتقلص الأنبوبة ، وهذا يؤدي إلى دخول تيار الهواء الخارجى من فتحة النفق في أحد الطرفين ، وعندما تنخفض درجة حرارة هواء النفق نتيجة التهوية يعمل الترموستات على تشغيل المروحة التى تنفخ أنابيب التهوية فيؤدى ذلك إلى غلق الفتحة الطرفية ويتوقف تيار الهواء (شكل رقم ٤٩) .

استخدام الغشاء المغذى في انتاج علائق الحيوانات :

يؤدى إنتاج العلائق باستخدام الغشاء المغذى لتغذية حيوانات اللبن أو اللحم خصوصا حيث لا يمكن لهذه الحيوانات أن تغادر حظائرها ، إلى إمكان تحقيق هذا النوع من النشاط في مواقع لا تلائم أجواؤها للحيوانات أو لا تتج أرضها الغذاء .

فإذا كانت الحظيرة مكيفة الهواء فإن الظروف الجوية غير الملائمة لا يكون لها الأثر الضار على الحيوانات ، وتصبح المشكلة هى مد هذه الحيوانات بالغذاء بتكلفة إقتصادية ومن الأفضل أن ينتج هذا الغذاء محليا .



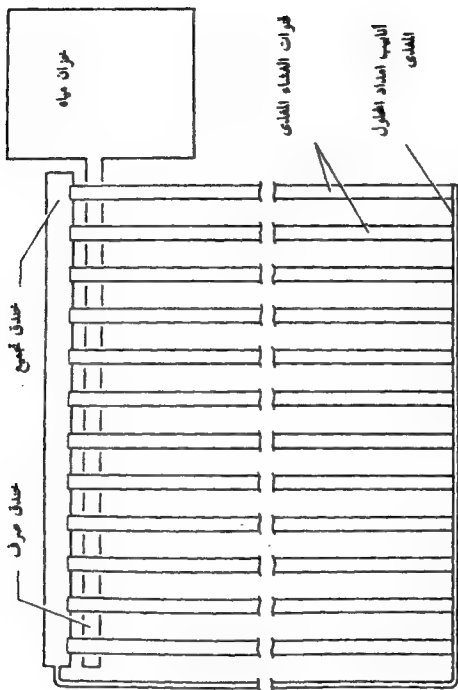
شكل رقم (٤٩) — نفق منخفض بتهوية أوتوماتيكية

وفي حالة قلع من الأبقار المنتجة للبن فإنها تحتاج إلى أربعة مكونات في غذائها وهي المعادن وعوامل النمو الأخرى ، الكربوهيدرات والبروتين والألياف (كغذاء مالى) ، وفي حالة عدم مغادرة الحيوانات لمبنى الحظيرة يجب ضمان وجود غذاء بصفة دائمة أمام كل حيوان . على أن يكون هذا الغذاء مستساغاً بحيث يأكل الحيوان منه قدراً كافياً حتى يستطيع أن يلد قدراً عالياً من اللبن لا يقل عن ١٤٠٠ جالون في السنة (نحو ٦٠٠٠ كجم) ، ويمكن أن يتحقق ذلك بتوفير عليقة مكونة من مخلوط من مركبات البروتين والسيلاج والقمح والشعير ورعوس بنجر السكر

والمولاس (العسل الأسود) ، ويتم ذلك بزراعة هذه المواد في نفس الموقع رغم عدم ملائمة الظروف ، مثل أن تكون التربة رملية أو صخرية في منطقة حارة جافة شديدة الضوء .

ولانتاج النجيليات باستخدام الغشاء المغذى تستخدم قناة الغشاء المغذى ذات عرض نحو ١,٥ م مفتوحة غير عميقة — نحو ٥ سم — صلبة خالية من الثقوب ، ويمكن تغطية الموقع بالخرسانة مع عمل القنوات الواسعة الضحلة من الخرسانة نفسها ، ويفرد شريط من الورق ذي عرض مساوٍ لعرض القناة الذى سبق التأكد بعدم سميته ، على سطح كل قناة ، وتثر بذور النجيليات على سطح الورق ، ويمرر ماء بعد ضبط رقم pH فى القنوات دون إضافة أى مغذيات مع تخفيض معدل التدفق بحيث يضمن ترطيب الورق دون أن يجرف البذور ، وبمجرد انبات البذور وتحلل الجنور للورق — ويتم ذلك بعد نحو ٤ أيام عادة — يزداد معدل تدفق الماء خارج القناة إلى نحو ١ لتر / دقيقة مع إضافة المغذيات إلى الماء ، وبعد نحو عشرة أيام تكون النباتات خضراء ، ويمكن خفض إرتفاع درجة حرارة الماء فى القنوات نتيجة أشعة الشمس بتظليل القنوات بغشاء بلاستيكي وبمضى الوقت سوف يظلل النمو الورق للنجيليات سطح المحلول كما يقلل مرور الهواء خلال أوراق النباتات مما يقلل فقد الماء بالبخار والتتح ، ويمكن تظليل المبنى كله بواسطة مظلة من البلاستيك لخفض فقد الماء بالبخار والتتح إذا زادت الحرارة .

ويجب قطع — حش — النباتات مرارا حتى لا تطول إذ أنه إذا تركت النباتات لتطول فإنها تكون عادة قصيرة فى وسط القناة ، ويتم تجهيز النباتات المقطوعة استعدادا لخلطها ضمن عليقة الحيوانات . وبهذه الطريقة أمكن تنمية نباتات النجيل وحشها لمدة عام فى إنجلترا ، وكان النبات فى آخر العام لا يقل إنتاجا عنه فى بداية التجربة .



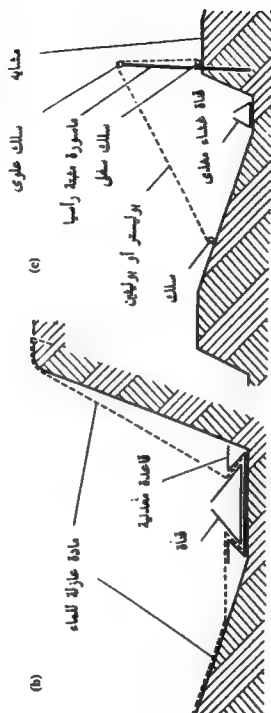
شكل رقم (٥٠) - نظام غشاء مغلي يستخدم لتجميع الماء سطحيًا

استخدام قنوات الغشاء المغذى العادية في ظروف غير ملائمة :

لا تؤثر ظروف الأرض غير الملائمة ، مثل شدة الإنحدار وخواص التربة غير الملائمة أو عدم توفر التربة أصلا ، على استخدام طريقة الغشاء المغذى وبالتالي فسوق نصرف النظر عن هذه الظروف ، والصعوبة الأساسية التي تواجه استخدام الغشاء المغذى هي الظروف الجوية إذ يكون الجو شديد الرطوبة أو شديد الجفاف والحرارة . ففي المناطق الإستوائية الممطرة توجد مشكلتان تواجهان إنتاج الحاصلات ، الأولى أن هذا الجو الحار الرطب يلائم نمو كثير من الكائنات المسببة للأمراض ، وقد ناقشنا مقاومة الآفات في موقع آخر من هذه الصفحات .

والمشكلة الثانية هي فقد النيتروجين « بالغسيل » الناتج عن غزارة الأمطار ، ويعالج ذلك عند تصميم قنوات الغشاء المغذى بثنى طرق جدارى القناة المعدنية أو البلاستيكية بحيث يتقاربان ، وبذا لا تنفذ الأمطار إلى داخل القنوات ، ولا يفقد من التتروجين المضاف شيء حتى يتم امتصاصه بواسطة النباتات ، كما يمكن تغطية خزان الصرف بنفس الطريقة بحيث لا يصله ماء المطر ، وبذا لا يصل ماء المطر إلى النظام كله ، وعند غرس النباتات في قناة الغشاء المغذى فإن ساق النبات سوق تنفذ من خلال طرفي القناة المنطبقين ، غير أن الفتحة الناتجة ضيقة وبذا لا ينفذ المطر الغزير إلى داخل القناة ، والجزء اليسير الذى ينفذ منه لا يسبب « غسيل » العناصر المغذية ، ويمكن إعتبره تعويضا عن الماء الذى يفقد بالتتح .

والصعوبة الأساسية في ظروف المطر الغزير هي تدفق الماء على سطح الأرض التي تقام عليها قنوات الغشاء المغذى . وفي هذه الحالة يقتضى اتخاذ بعض الاحتياطات لوقاية الأرض من الانحدار بواسطة الماء ، ولو أن أغلب هذه الإجراءات التي تحمي الأرض من الانحدار بالماء تزيد تدفق الماء على السطح ، وعلى سبيل المثال رش سطح الأرض بطبقة من البلاستيك — لحمايتها من الانحدار — يؤدي إلى تدفق ماء المطر مع إنحدار الأرض غير أن هذا التدفق



(c)

مساحة

مساحة

مساحة

مساحة

مساحة

مساحة

مساحة

شكل رقم (٥١) - استخدام قنوات المشاء المغطى في ظروف غير ملائمة

لا يعتبر مشكلة بل يمكن تحويله إلى ميزة ، شكل رقم ٥٠ ، وذلك بإنشاء مصرف يستقبل تدفق الماء ويسبق المصرف المجمع ويستقبل هذا المصرف الماء المتدفق ويوصله إلى خزان خاص بينا تعبر قنوات الغشاء المغذى فوقه لتصب في المصرف المجمع . والماء المجمع في هذا الخزان الخاص قد يسد جميع احتياجات المحصول من الماء ، وبهذا يصبح « جهاز » الغشاء المغذى ذا وظيفتين ، إنتاج المحصول وتجميع ماء المطر .

وثمة ميزة أخرى لنظام تجميع ماء المطر في المناطق المعتدلة ، ففي بعض مناطق إنجلترا يحتوى الماء (العادى) مقادير زائدة من الصوديوم ولذا يعتبر ماء المطر مصدرا للماء النقى لخزان الغشاء المغذى .

وفي منطقة حوض البحر المتوسط والمناطق الجافة يكون الصيف جافا ، وقد يكون أيضا شديد الحرارة فترفع درجة حرارة سطح الأرض إلى ٦٠°م غير أن الحرارة بالليل تنخفض كثيرا ، وبهذا تنخفض قدرة الهواء مساءً على استيعاب الرطوبة التى حمل بها نهارا ويتكثف بخار الماء في صورة ندى . ففي هذه المناطق الجافة يكون العامل المحدد لإنتاج الحاصلات هو الماء وليس التربة ، ولذا يفضل تقويم الإنتاج ليس بإنتاجية وحدة الأرض بل وحدة الماء ، كما أن التربة في كثير من المناطق الجافة خشنة القوام وفقيرة في المادة العضوية ، وهذه التربة يمكن صياغتها في أشكال مندمجة وتثبيتها باستخدام التقنيات الحديثة ، وبهذا يمكن إنشاء خطوط وقنوات من الشرق إلى الغرب كما هو موضح في شكل رقم ٥٠ . وتوضع قنوات الغشاء المغذى عند قاعدة الانحدار المواجهة للشمال ، والانحدار الشديد يظل القناة والنباتات الصغيرة بها ، وبهذا تنخفض درجة الحرارة ومعدل فقد الماء ، ويغضى كلا الانحدارين الشديد والبسيط بغشاء غير منفذ للماء ذى جذب سطحى منخفض وتساعد خواصه ولونه على الحصول على أقل درجة حرارة على سطح الأرض مساء ، وتثبت الحواف السفلى لهذا الغطاء بوضعها في قاع القناة المعدنية للغشاء المغذى ، بينا تثبت

الأطراف العليا في التربة ويحقق ذلك تدفق أى ماء مطر أو ندى على سطح الغطاء إلى قنوات الغشاء المغذى .

وبالنسبة لدرجات الحرارة العالية صيفا يقتضى توفير تظليل إضافي مع ما سبق أن أوضحنا من التخطيط المواجه للشمال والتغطية بغطاء غير منفذ للماء ويتم هذا التظليل بغرس قوائم معدنية في الأرض على أبعاد ٢ م من بعضها ويمد سلك خلال فتحات أعلى هذه القوائم وسلك آخر من خلال فتحات في أسفل القوائم عند سطح الأرض وسلك ثالث يمد بطول سطح الغطاء غير المنفذ للماء يغطي الجانب غير العميق كما هو موضح بالشكل رقم ٥١ ، ويتوفر التظليل من غشاء بولي استر يوضع على السلك العلوى ويثبت في السلكين السفليين بواسطة مشابك . ويسمح البولي استر بمرور الهواء كما أنه لا يتلف يتعرض لأشعة الشمس القوية . ويتم خدمة النباتات بنزع البولي استر من السلك السفلي لإيجاد ممر بين النباتات .

وفي بعض المناطق مثل ساحل البحر المتوسط في ليبيا يقتضى تنفيذ التصميم الذى وصفناه خلال الصيف خصوصا لحماية النباتات من العواصف الرملية شديدة الحرارة التى تهب من الصحراء غير أن الجو خلال فصل الربيع والخريف يلائم نمو النبات ويمكن نزع الغطاء البولي استر وتخزينه لإستخدامه مرة أخرى . أما في الشتاء فدرجة الحرارة منخفضة نوعا ، وقد يحدث الصقيع في بعض السنوات ، ولذا يقتضى حماية النباتات بواسطة غشاء من البوليئين الممدود فوق الأسلاك . وقد أشرنا إلى تسخين المحلول المغذى في تقنيات الغشاء المغذى أثناء الليل بواسطة الحرارة المخزونة بواسطة المسطحات الشمسية (الخلايا) وقصد الماء بواسطة التتح سوف يقل نتيجة لتكثف البخار على السطح الداخلى للبولىئين . فإذا كان سطح البولىئين معالجا ليقبل جذبه السطحي ، فالماء المكثف يتدفق نازلا على سطحه إلى قنوات الغشاء المغذى ومنها إلى الخزان .

والأمل في زراعة إقتصادية في بعض مناطق العالم ذات الماء القليل والمناخ

القاسى هو فور إنشاء نظم منخفضة التكلفة مع أقل ما يمكن من وسائل الحماية صممت لحفظ الماء وتقلل الآثار الضارة لدرجات الحرارة شديدة الارتفاع .

زراعة الأشجار تحت ظروف غير ملائمة :

عند استزراع أشجار فى الأرض ذات قوام رملى ناعم سهل النقل بالرياح فى منطقة جافة مع استخدام نظام الرى بالرش يرشاش علوى فإن جنود الأشجار تكون سطحية ولا تثبت جيدا بالتربة . وفى حالة استخدام الرى بالتنقيط فإن الرمال السائفة تؤدى إلى تغطية خطوط التنقيط ، ويصعب فى هذه الحالة التحقق من أن منقط كل شجرة يقوم بوظيفته وليس مسدودا . أما فى حالة « جهاز » الغشاء المغذى فالرمال التى تنقلها الرياح سوف تتراكم بجوار القنوات (قنوات) الغشاء المغذى) ، وإذا كان تصميم القنوات جيدا فلن تملأ بالرمال بل تتحول تدريجيا إلى « قنوات » تحت الأرض ، ويعمل خط الأشجار المزروعة — فى القنوات — على تجميع الرمل المنقول بالرياح فوق قنوات الغشاء ويزيد دفنها تحت الرمال وهو ما يزيد ثبات الأشجار . وتظل القنوات كمصدر ماء تحت سطح الأرض يوفر الماء والمغذيات للأشجار . وعند امتلاء القنوات تماما بجذور الأشجار تبرز بعض الجنود من أعلى القناة — إذا كان تصميمها صحيحا — وتبدأ فى النمو فى الرمل الخارجى ويصل إليها الماء بالخاصية الشعرية فيزداد ثباتها فى التربة .

كما تنمو الأشجار الصغيرة أيضا فى نظام الغشاء المغذى أفضل من نظم الزراعة المعتادة لتوفر الماء والمغذيات بصفة مستمرة وغير متغيرة وضمانها حتى تحت ظروف الحرارة والجفاف وسفى الرمال .

إذا لم يكن ممكنا زراعة الأشجار فى مواقعها الدائمة باستخدام نظام الغشاء المغذى ، فمن الممكن استخدام هذا النظام فى إكثار الأشجار — الشتلات — كوسيلة لتنميتها بعد زراعتها . وفى كثير من مناطق العالم حتى تلك التى تسقط عليها بعض أمطار قليلة ، لا تروى الأشجار بعد غرسها ، فهى تترك لتحسب أو

تموت ، فإذا كانت هذه الأشجار قد نمت قبل غرسها في صوبة ذات نظام الغشاء المغذى لأمكن التحكم في ظروف نمو الجنور ، أى أن الشجرة تُنمى منذ البداية تحت ظروف صعبة (غير ملائمة) فيعطى غمها حتى تصبح نباتا قويا متخشا فتكون له فرصة أفضل في البقاء والنمو بعد الغرس . أما إذا نتج نبات سريع النمو طرى عصيرى فإن فرصة صموده تكون ضئيلة . وظروف النمو في نظام الغشاء المغذى تقتضى تنمية الأشجار في محلول ذى CF عال ، ويتج ذلك نموا بطيئا قويا . وإذا عرف مقدما أن الشجرة سوف تتعرض لتركيزات عالية من الصوديوم والمنسيوم فيمكن تنمية هذه الشجرة — مقدما — في نظام الغشاء المغذى مع استخدام محلول يحتوى تركيزات عالية من الصوديوم والمنسيوم ، وبهذا تتعود الشجرة على هذه الظروف قبل غرسها . وعلى وجه علم من الضروري أن يكون الاختلاف بين ظروف النمو بعد الغرس وقبله أقل ما يمكن لضمان نجاح النبات . وكذا إذا عرف أن الشجرة بعد غرسها سوف تعاني نقص الماء ، فمن الممكن تربية الشتلة في صوبة الغشاء المغذى مع تعويدها على أى درجة من درجات العطش .

وتدقق المحلول المغذى أما أن يكون بصفة مستمرة أو متقطعا . ويمكن وضع ساعة يضبط عليها أى درجة من تدفق المحلول وبالتالي أى درجة من تعطيش النباتات ، وبذا يمكن إنتاج نباتات تستطيع أن تعيش تحت أقل قدر ممكن من الماء الذى يمنع موتها .

والطرق المعتادة لإكثار الأشجار لا تعطى مجموعا جنزيا يستطيع التعايش مع العطش الشديد ، فإذا كان إكثار الشجرة قد تم في وعاء — قصيرة — فإن المجموع الجنزى يكون محصورا في الوعاء ويصبح ملتويا حول نفسه ، ومثل هذا الجنز لا يتلاءم سريعا بعد نقله إلى الأرض ولا يكون الجذيرات والشعيرات الجنزيرة التى تنتشر في التربة بسرعة لتبحث عن الماء ، وإذا كانت الشتلة قد نمت في الأرض فعند نزعها تتمزق نسبة كبيرة من المجموع الجنزى وتترك بالتربة فمثل هذا النبات يعاني عند غرسه في الموقع الجديد من مجموع

جذرى صغير ، بينما تتميز النباتات التى تُنمى فى قنوات الغشاء المغذى « بمحصرة » من المجموع الجذرى مكعبة الشكل ، ولا يكاد يفقد من الجذور شيء عند نقل النباتات من القنوات لغرسها بالتربة ، وثمة طريقتان لزراعة شتلات أشجار الغشاء المغذى ، الأولى أن تحفر فى تربة الحقل حفر ذات شكل يلامس مكعبات الجذور التى كانت بقنوات الغشاء ، وقد سبق وصف ذلك وأشرنا إلى أن هذه الطريقة تستخدم عندما تكون الرطوبة الأرضية مركزة فى الطبقة السطحية من التربة ، والثانية أن نحفر حفرة عميقة ضيقة ويوضع بها الجذر المكعب الشكل ثم يعاد ردم الحفرة بالتراب ، ويكون فى هذه الحالة جزء من المجموع الجذرى على عمق فى التربة حيث قد يوجد بها زيادة من الرطوبة الأرضية ، ويمدد عمق الحفرة بطول المجموع الجذرى ، وهذا يمكن زيادته فى نظام الغشاء المغذى بتوسع المسافة بين النباتات فى القنوات ، وبهذا يمكن الحصول على جذور طويلة ، ولا يفقد من الجذور شيء عند نقل النباتات لأن الجذور — فى القنوات — لم تختلط وتشابهك ببعضها .

وفى حالة إنتاج شتلات أشجار الغابات بطريقة الغشاء المغذى يزداد معدل نجاح الشتلات المعروسة فى الظروف غير الملائمة . كما أنه يمكن خفض العمالة اللازمة للإشراف على أشجار الغابة لإختصار العمليات إلى عمليتين بسيطتين هما غرس البادرات فى القنوات ونقلها بعد وصولها إلى الحجم المناسب ، فلا يوجد عمليات أخرى مثل الرى والتسميد بالصوبة لأن ذلك يتم ذاتيا (أوتوماتيكيا) كما لا يوجد مقاومة للحشائش أو عناية بالموقع حيث يمكن إعداده ليكون مستديما ، والأفضل إنشاؤه من الأسمت أو بدائل أخرى أرخص .

إنتاج المطاط والصمغ :

إذا صممت قنوات الغشاء المغذى بحيث لا تمتلئ بالتربة عندما تغطىها التربة — كما سبق أن وصفنا — يصبح من الممكن غرس أشجار المطاط فى

مواقعها الدائمة ، وعندما تملأ حصيرة الجنود القنوات تنمو بعض الجنود فوق سطح القنوات وتبدأ في شغل الأرض المحيطة بها وتستقر شجرة المطاط طبيعياً في التربة ولو أن بعض جنودها يظل في القنوات ، ويمكن أن يطلق عليها « المجموع الجنري المغذى » بينما الجزء من الجنود الذى ينمو بالأرض يمكن تسميته « بالمجموع الجنري المثبت » .

ويوفر المجموع الجنري المغذى للماء والعناصر الضرورية للتغذية عند أى مستوى نرغب فيه فهو نظام مغلق ، كما يمكن إضافة أية مواد أخرى نرغب في إضافتها بالتركيز المرغوب ، ومن هذه المواد التى قد نرغب في إضافتها الإيثيلين إذ المعروف عنه أنه يعمل على تشجيع تدفق الصمغ Latex فيأذابة الإيثيلين في دورة الماء في قنوات نظام الغشاء المغذى يصبح ممكناً ليس فقط أن نزيد إنتاج الصمغ بل أن نزيد توقف تدفق الصمغ حسب رغبتنا . ويعتبر هذا المجال جديراً بالدراسة .

ويمكن الحصول على المطاط أيضاً من نبات صحراوى اسمه جوايول *Guayule* (*Parthenium argentatum*) وهو من قبيلة الهليانثوس *Helianthus* tribe من العائلة المركبة *Compositac family* ، وبالنسبة إلى قصر هذه الشجيرة التى لا يتعدى طولها نحو متر واحد ، فمن الممكن زراعتها في القنوات العادية لنظام الغشاء المغذى أى لا داعى للقنوات تحت الأرضية ، ويقدر محتوى شجيرة الجوايول من المطاط بنحو ١٠ - ٢٥ ٪ من وزنها ويحتوى المجموع الجنري نحو ثلث محتوى النبات من المطاط وميزة نظام الغشاء المغذى أنه يمكن حصاد جميع النبات نظيفاً بما في ذلك الجنود حتى يمكن تصنيعها مباشرة . وتشمل عملية التصنيع الغلى والعصر والتنقية .

إنتاج مصادر الطاقة :

يتوقف إنتاج غاز الميثين (الغاز الطبيعى) من نواتج انحلال المواد النباتية على مداومة مد « غرفة الهضم » بكميات كبيرة من المواد القابلة للانحلال

(بيوماس Biomass) ، ومن الضروري أن تنخفض تكلفة إنتاج البيوماس حتى يكون سعر الميثين معقولا ، وبحقق نظام الغشاء المغذى ذلك ، وقد أوضحنا في مكان آخر من هذه الصفحات دور انتاج الحاصلات بنظم الغشاء المغذى في فصل العناصر المغذية من وسائل الصرف الصحي ، ويختلف نوع النبات الذى يستخدم فى هذا الغرض باختلاف المناخ غير أنه دائما يكون نباتا سريع النمو طوال العام تحت ظروف جوية معروفة عند تنميته فى نظام الغشاء المغذى فى الهواء الطلق وهى نفس الظروف التى تؤدى إلى إنتاج غاز الميثين بأقل تكلفة ، ويستخدم سائل الصرف الصحي بالمرزعة فى إنتاج البيوماس أساسيا للتخلص مما يسببه من تلوث البيئة واستخدامه لإنتاج الميثين يمكن اعتباره فضلا عن أن مزارع الصرف الصحي تكون عادة قرب التجمعات السكانية حيث يزداد الطلب على الغاز . وعلى ذلك فاستخدام نظم الغشاء المغذى لانتاج الحاصلات فى مزارع الصرف الصحي لتقليل تلوث البيئة الذى ينتج عن سائل الصرف الصحي وفى نفس الوقت إنتاج الغاز الرخيص على نطاق واسع ليصبح ازدواجا جيدا . ولو أن استخدام الغشاء المغذى لإنتاج البيوماس الذى ينتج الميثين لا يتوقف على مزارع الصرف الصحي .

ويعتبر انتاج الجليسرول باستخدام الغشاء المغذى أمرا هاما . وقد اتضح من بعض الدراسات أن الألبى *Dunatiella parva* الذى ينمو فى مياه شديدة الملحية (يوجد بماء البحر الميت) يحتوى نسبة عالية من الجليسرول تصل إلى نحو ٨٠٪ من وزنه الجاف ، ويرى كوبر أنه إذا كانت هذه الدراسات مؤكدة فإن انتاج الجليسرول على نطاق واسع من الألبى لا يحتاج إلا إلى الماء الملحي وأرض صحراوية وأشعة الشمس وجهاز الغشاء المغذى ، ومعروف أن طريقة الغشاء المغذى توافق نمو الألبى وبذا يصبح انتاجه أمرا سهلا .

وتستخدم قنوات عريضة مفتوحة يتدفق فى قاعها غشاء من ماء يؤخذ من البحر ويعاد إليه أى أن الماء هنا لا يدار من الخزان إلى القنوات ثم إلى الخزان وهكذا فى نظام مغلق كما هلى الحال فى تقنيات الغشاء المغذى المعتادة ، وتوضع

في قاع قنوات المغذى حصيرة شعرية ذات شعيرات قوية ، تيلز « بنور »
الألجي على الحصيرة الشعرية ، وعندما يتكاثر الألجي ويكون سمكا مناسباً من
الحمو ترفع الحصيرة الشعرية من القناة بواسطة تيار قوى من الماء ويدفع هذا
التيار أغلب الألجي في أنبوبة حيث يكون معلق يوجه إلى حيث يتم معاملته
وتصنيعه . وتعاد الحصيرة الشعرية مرة أخرى وعليها من الألجي ما يكفي
لإعادة دورة الحمى ذاتياً .

استخدام تقنيات الغشاء في تنقية الماء :

يوجد عدد من التطبيقات التي يمكن بها استخدام تقنيات الغشاء المغذى في
تنقية الماء . وأحد هذه التطبيقات هي الزراعة السمكية *Fish farming* . فنواتج
إخراج السمك في المزرعة السمكية تغني الماء بالعناصر الغذائية . وبسبب
قذارة الماء فإنه يكون من الضروري إحلاله بماء عذب جديد . وهذا يسبب
مشكلة لأنه يقتضي التخلص من كمية كبيرة يوميا من مثل هذه المياه . فإذا
أفرغنا هذا الماء بدون معالجة في النهر فإن زيادة تركيز العناصر في الماء تزيد مشكلة
التلوث . ولحسن الحظ فإن درجة الـ pH المثل ودرجة حرارة الماء المثل لكثير
من السمك مقبولة بالنسبة لتقنيات الغشاء المغذى . فلو مررنا هذا الماء الغني
بالعناصر الغذائية (ماء المزرعة السمكية) وسمحنا له بالتدفق خلال نظام
الغشاء المغذى بمعدل ما بحيث يتدفق خارجا من النظام مرة واحدة — دون
دوران — إلى المكان المهيأ للتخلص منه ، وإذا كانت المساحة ا — بعة بنظام
الغشاء المغذى مناسبة فإن هذا الماء الذي يترك النظام يكون خاليا من معظم
العناصر إذ يكون النبات قد امتصها . وبذلك يمكن إعادة استخدام هذا الماء
مرة أخرى في المزرعة السمكية بدلا من تفريفها والتخلص منها .

ومن الدراسات التي قام بها Harman بالإنجلترا عند استزراع الأعشاب *grass*
بنظام الغشاء المغذى وجد أن غموها كان جيدا بإستخدام الماء المنصرف من
مزرعة سمكية وأن إزالة العناصر من الماء بعد استخدامه في تنمية الأعشاب كان

بصورة مناسبة . وكان معدل التدفق للماء في قنوات الغشاء المغذى ٣ لتر في الدقيقة لكل قناة . ويوضح جدول رقم ٢٦ التحليل الكيميائي لماء هذه المزرعة .

جدول رقم ٢٦
تحليل مياه مزرعة سمك استعملت في تنمية العشب *grass*
بنظام الغشاء المغذى ($\text{pH} = 6.4 - 6.9$)

المكون	التركيز (جزء في المليون)
كالكسيوم	٢٢ - ٢٦
كلوريد	١٨ - ٢٥
نحاس	أقل من ٠.١
حديد	٣ - ٦ ر
مغنسيوم	٣.٤ - ٧.١
نيتروجين	٦ - ٩ ر
فوسفور	٢ - ٥ ر
بوتاسيوم	٢.٥ - ٢.٨
سليكون	٣.٧ - ٤.٢
صوديوم	٩ - ١٠
زنك	أقل من ٠.١ ر

وتستخدم تقنيات الغشاء المغذى لتنقية سوائل الصرف الصحي . وهذه المعالجة تشبه أساسا حالة مياه المزرعة السمكية . ففي محطة الصرف الصحي تعامل المخلفات بطريقة تفصل المادة الصلبة (الحمأة) *Sludge* عن الجزء السائل *Liquid effluent* . ولحسن الحظ فإن كل العناصر الثقيلة ترسب وتفصل مع

المادة الصلبة Sludge . ويوضح جدول رقم ٢٧ تحليل السائل من محطة صرف في إنجلترا . ويلقى مقدار كبير من سوائل الصرف الصحي في البحار أو في الأنهار وهو ما يسبب مشكلة تلوثها . وقد أجريت محاولات في إنجلترا لإستخدام تقنيات الغشاء المغذى لإنتاج الأعشاب grasses لتقليل محتوى سوائل الصرف الصحي من العناصر قبل تفرغها والتخلص منها . كما قام Eion Scott بالولايات المتحدة الأمريكية بدراسات على إستخدام تقنيات الغشاء المغذى في تنقية سوائل الصرف الصحي من الشوائب العضوية .

جدول رقم ٢٧

تحليل سائل صرف صحي (pH = ٦,٥ ، CF = ١٥ - ٢٠)

المكون	التركيز (جزء في المليون)
كالسيوم	٤٠
كلوريد	٧٥ - ٤٠
مغنسيوم	١٥
نيتروجين	٤٥ - ١٦
فوسفور	٣٣ - ٥,٥
بوتاسيوم	١٥
صوديوم	٨٠

وهدف معظم تطبيقات التنقية هو إزالة العناصر ، ولذا يقتضى وجود مزرعة للغشاء المغذى تنمو بها الحاصلات طول العام في الهواء المطلق بمعدل سريع كافٍ لإزالة العناصر من الماء المتدفق خلال النظام . كما يمكن في حالة الضرورة استخدام بعض المواد النباتية الناتجة لتوليد الميثان لتدفئة السائل الذى يدخل نظام الغشاء المغذى ، حتى نحصل على أعلى معدل نمو خلال الفترات الباردة .

وفي المناطق الجافة من العالم يغلب أن يكون الماء متاح قليلا وملحيا أيضا .
وتحت هذه الظروف يحسن أن ترتبط محطة الصرف ومزرعة الغشاء المغذى .
فإذا وضع سائل الصرف الصحي خلال جهاز أو وحدة الأسمودية العكسية
reverse osmosis كما سبق وصف ذلك فالماء النافذ سوف يحتوى من
٥ - ١٠٪ من المواد المذابة في سائل الصرف الصحي . ويمكن استعماله في
نظام غشاء مغذى مقفل لإنتاج المحاصيل المطلوبة . وتحت هذه الظروف يقل
التلوث ويقل فقد الماء والعناصر الغذائية . أما المحلول المركز (في طريقة عكس
الاسمودية) فيوفر معظم العناصر المغذية المطلوبة . وتستبعد الميكروبات
المرضية بحيث يكون الماء النافذ والمحلول المركز خاليين منها . ومن الممكن في
هذه الظروف استخدام أصناف نباتية مقاومة للأملاح ذات غدد ملحية Salt
glands في نظام الغشاء المغذى لتقليل أثر ملحية المياه .

الباب السادس

مستقبل تقنيات الغشاء المغذى

— تقنيات الغشاء المغذى الأصلية

— الجيل الثاني من تقنيات الغشاء المغذى

مستقبل تقنيات الغشاء المغذى

تقنيات الغشاء المغذى الأصلية :

بالنسبة إلى حداثة تقنيات الغشاء المغذى فهي لذلك سريعة التطور ، وهذا يعنى أملا كبيرا فى المستقبل . وتحتوى التقنيات الأصلية عددا من المعوقات التى قد تحول دون إنتشار استخدامها . إذ تحتاج إلى استثمارات كبيرة وخبرة بالعديد من التجهيزات ذات الصلة الوثيقة بفسولوجيا وتغذية النبات والكيمياء وتشغيل الأجهزة الألكترونية المعقدة ، لأنها تتطلب أن يتوفر لكل خزان جهاز لقياس رقم الـ pH وآخر لقياس التوصيل الكهربائى للمحلول المغذى وجهاز لإمداد المحلول بالكميات اللازمة لضبط رقم الـ pH وتركيز المغذيات بالمحلول عند قيم ثابتة محددة .

وللاحتفاظ برقم الـ pH ثابتا فى المحلول المغذى من الضرورى رصد تركيز الهيدروجين بهذا المحلول فى الطريقة الأصلية لتقنيات الغشاء المغذى ، بمعنى أن الجساس (الالكتروود) الذى يقدر هذا التركيز يظل مغمورا بصفة دائمة فى المحلول المغذى ، ويظل شغالا بصفة مستمرة . وأجهزة تقدير رقم الـ pH ذات حساسية شديدة لأى تغيرات حتى ولو لم تعمل باستمرار ، فالتقدير ، الصحيح لا يستمر طويلا ، كما أن الأقطاب (الالكتروودات) تحتاج إلى صيانة مستمرة يطلق عليها عملية التنظيم Buffering حتى تعطى قيما صحيحة باستمرار . وفى معظم الدول لا يستطيع الزراع تنفيذ عمليات صيانة أقطاب جهاز الـ pH ، ومعروف أن جميع الأجهزة معرضة لأعطال مختلفة وإصلاح هذه الأجهزة يحتاج إلى متخصصين وزيارات هؤلاء المتخصصين ليست مكلفة فقط ، بل تحتاج إلى وقت حتى تتم فيتعرض المحصول إلى متاعب غذائية حتى يتم إصلاح الأعطال . ومثل هذه الزيارات تكون عن طريق هيئات متخصصة ، وبالتالي فإن وجود وحدات الغشاء المغذى يرتبط بوجود هيئات الصيانة والإصلاح وهى ليست متوفرة فى بعض الدول . ولنا إذا كنا نعمل

على إنتشار استخدام تقنيات الغشاء المغذى فى هذه الدول ، حيث لا توجد شركات الصيانة ، فمن الضرورى التخلص من مشكلة أجهزة الرصد والأمداد .

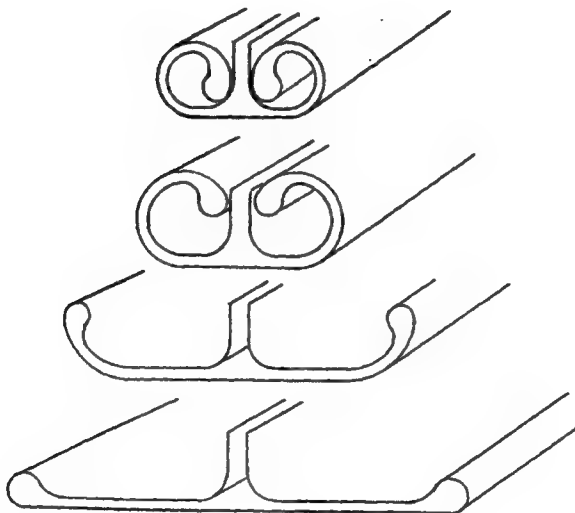
الجيل الثانى من تقنيات الغشاء المغذى :

الضرورى أن تكون تجهيزات هذا الجيل الثانى من تقنيات الغشاء غير مكلفة ، شديدة البساطة وسهلة التشغيل . والجهود التى بذلت ولا زالت تبذل فى تطوير هذه التقنيات ، والبحوث التى قاربت الاكتمال سوف تثمر تقدما هاما ، وهدف هذه الدراسات والبحوث هو تطوير التقنيات الأصلية للغشاء المغذى إلى جيل ثانٍ من هذه التقنيات يتميز بما أشرنا إليه من إنخفاض التكلفة والبساطة وسهولة التشغيل .

وأقترح للتخلص من مشكلة تغير رقم pH المحلول أن تنمى النباتات فى أوعية كبيرة من الورق المقوى مملئة بالمادة العضوية المنحلة Compost ثم نقل هذه الأوعية إلى القنوات ، وبالنسبة لحجم الأوعية الكبيرة فإن المحلول المتدفق يربطها ، ويظل رقم pH السماد حول جذور النبات ثابتا تقريبا . ويوجد عدد من الإعتراضات على هذه الوسيلة هى :

- ١- تكلفة زراعة النباتات فى أوعية كبيرة مملئة بالمادة العضوية عالية سواء فى الاستثمارات اللازمة لها أو أجر العمالة .
 - ٢- تعمل الأوعية الكبيرة كسدود فى القنوات مما يعوق التدفق. ويزيد عمق المحلول وهو أمر غير مرغوب .
 - ٣- كثير من الدول بالمناطق الجافة ونصف الجافة فقيرة فى السماد البلدى .
 - ٤- عند تطبيق طريقة الغشاء المغذى فى الهواء الطلق (خارج الصوب) يكون استعمال الأوعية الكبيرة المملوءة بالسماد أمرا واضح الصعوبة .
- من أجل ذلك فاستخدام الأوعية الكبيرة أمر غير مقبول كحل مشكلة

الطريقة الأصلية . ويرى كوبر Cooper أن حل هذه المشكلة في الجيل الثاني من تقنيات الغشاء المغذى هو تصميم قنوات رخيصة ذات أشكال مختلفة وقابلة للتشغيل بحيث تكون ضيقة عندما يكون النبات صغيرا ويمكن زيادة عرضها كلما نما النبات . ولما كانت القنوات في أول الأمر شديدة الضيق فإن هذا الضيق يساعد على تدفق المحلول ليرطب الجذور مهما كان ميل مقطعها ومهما كان النبات صغيرا . وينمو النباتات يمكن توسيع عرض القناة حسب الرغبة .



شكل رقم (٥٢) - قنوات الغشاء المغذى التي يمكن طيها طوليا

وفي تقنيات الغشاء المغذى الأولى نشأت مشكلة عندما أريد نقل هذه التقنيات إلى بلاد ذات مناخ أكثر دفئا ، فعندما تتعرض القنوات لأشعة الشمس ترتفع حرارة المحلول المغذى . وقد تم التغلب على هذه المشكلة في الجيل الثاني من تقنيات الغشاء المغذى بعمل قنوات يمكن لفها طوليا كما هو موضح في شكل رقم ٥٢ . ولما كانت اللفات الطولية تحتوى هواء فإنها تعمل كعازل يمنع ارتفاع حرارة المحلول . وعلى العكس في الأجواء الباردة ، حيث يحسن تدفئة المحلول المغذى ، فإن لفات القناة التى تعمل كعازل تقلل فقد الحرارة .

ويمكن صنع القناة ذات اللفتين الطوليتين من غشاء بوليئين رخيص . فاللفة المزدوجة لفتاتين تجعل القناة شديدة الصلابة وبالتالي فإنها لا تتأثر بمنحنيات وتعرجات الأرض التى توضع فوقها وبذا تسهل وتقلل تكلفة إعداد موقع ذى إنحدار خالى من التعرجات وهو أمر هام في تقنية الغشاء المغذى ، ويمكن وضع القناة الملفوفة على سطح الأرض مباشرة دون الحاجة إلى إنشاء أو توفير قاعدة صلبة من المعدن أو البولي ستايرين .

والميزة الأساسية للقناة الملفوفة هى أنها قابلة للتشكيل وتضمن أن المحلول يتدفق في وسطها كما أنها عازل جيد وذات صلابة مناسبة .

ومن الناحية النظرية يعتبر الحصول على أنبوبة ملفوفة امرا بسيطا غير أن تنفيذه أمر صعب ، فوضع قطعة من البوليئين ذات عرض ٧٥ سم وطول ٣٠,٥ م على الأرض وبالوقوف عند أحد الطرفين ومحاولة لف هذه الصفحة الطويلة الضيقة من كلا الجانبين في نفس الوقت لتشكيل قناة ملفوفة عرضها ٥ سم وطولها ٣٠,٥ م ليس أمرا سهلا . وحتى إذا تم ذلك بنجاح فإن لف العديد من هذه القنوات بالسرعة الملائمة لخفض التكلفة ومع التأكد من أن قطر القنوات ثابت دائما أمرا صعب . وثمة سؤال يتبادر إلى الذهن ، إذا أمكن تنفيذ ذلك فكيف نتأكد أن القناة الناتجة ملائمة ؟

وقد قامت شركة **Ariel Industries Ltd** ، وهى مجموعة شركات انجليزية

حيث يتوفر لديها العديد من المنتجات ، بتصميم آلة للفت القنوت وقلمت بتسجيل القناة الملفوفة ، وبالتالي فإن أحد مكونات الجيل الثاني من تقنيات الغشاء المغذى أصبح متاحا على المستوى التجارى .

وفي نفس الوقت قامت شركة Nutrient Film tech. Ltd. فى Hook Lane, Alding bourne, Chichester, England مع Airal Industries باختبارات عن إمكان الاستغناء عن أجهزة الرصد والتغذية المعقدة المستخدمة فى الجيل الأول من تقنيات الغشاء المغذى وذلك أيضا على نطاق تجار واسع ، وهذا التبسيط هو أحد متطلبات الجيل الثانى من هذه التقنيات . وبالنسبة لعدم الثقة فى استمرار التيار الكهربائى أو عدم وجود الطاقة الكهربائية فى بعض الأماكن ببعض الدول النامية فإن التبسيط قد سار شوطا آخر وأمكن صنع تجهيزات الغشاء المغذى من الجيل الثانى لا تحتاج إلى طاقة كهربائية . وترجع أفكار الجيل الثانى للعمل الرائد لرئيس شركة أرييل Ariel Industries ، وأساس تحقيق هذه الأفكار هو تقسيم تقنيات الغشاء المغذى إلى قسمين :

أولاً : العمل الحقلى اليومى ذو الصلة بالعناية بالنباتات وهو مسؤولية الزارع .
الأولى الذى أمكن تحقيقه بوجود مركز صغير كامل التجهيزات .

ثانياً : العمل التكنولوجى المتصل بقياس وضبط pH المحلول وتركيزه ، وهذا القسم فى الجيل الثانى من تقنيات الغشاء المغذى أصبح مسؤولية مركز متخصص وأصبح دور الزارع مبسطا حاليا خاليا من أية تعقيدات .

أمكن التوصل إلى هذا التقسيم بالدراسة المستمرة لأرقام التحليل الكيميائى الأسبوعى للمحلول المغذى وحساب علاقة هذه الأرقام مع أشعة الشمس وطور نمو النبات ودرجات حرارة المحلول والهواء ، والرطوبة النسبية السائدة ومن كل ذلك أمكن تحديد الاحتياجات الغذائية بالنسبة لأهم النباتات التى تنمى باستخدام هذه التقنيات وأمكن تحضير مخلوط الأملاح اللازمة لمدة سبعة أيام قادمة . وقامت شركة إرييل Ariel Industries بتعبئة هذه الكميات من

مخاليط الأملاح في حقائب بلاستيكية مقفلة وتحتوى عددا من الخلطات ويكفى محتوى كل حقيبة لرفع التوصيل الكهربائى للمحلول المغذى درجة واحدة حسب نوع المحصول والمساحة .

وتحول العمل الروتينى لتقنيات الغشاء المغذى جنزيا عما كان أصلا ، إذ يقوم المركز التكنولوجى بشحن العدد اللازم من حقائب المخاليط كل سبعة أيام وما على الزارع إلا أن يضع عينه من المحلول المغذى كل يوم فى مقياس محمول باليد يوضح مباشرة عدد الحقائب اللازمة . ويذاب هذا العدد فى وعاء به ماء يترك لينقط ببطء طوال اليوم فى أنبوبة استقبال المحلول الراجع فى نظام الغشاء المغذى . وتم العملية جميعها فى بضعة دقائق وتكلفة التجهيزات شديدة الانخفاض ولا تحتاج لأى صيانة . وكذا يضاف الحامض إلى المحلول المغذى للمحافظة على pH ثابت بنفس الطريقة ، وبذا يحصل النبات على حاجته لمدة سبعة أيام . ويتم ذلك — كما أشرنا — باستخدام تجهيزات حديثة للتحليل والحساب فى المركز التكنولوجى ، وتم التبعة فى مركز الامدادات باستخدام آلات حديثة وبذلك لا يضطر الزارع الصغير إلى أن يمارس أعمال الاختصاص فى الفسيولوجيا والكيمياء والهندسة بل عليه أن يركز اهتمامه للعناية بالنباتات . أما الزارع الكبير فهو قادر على أن يوفر لنفسه هؤلاء الاختصاصيين ، وفكرة الجيل الثانى من تقنيات الغشاء المغذى أن توفر للزارع الصغير فى الدول النامية أكثر المزايا التى لا يستفيد منها — حتى الآن — إلا الزارع الكبير فى الدول المتقدمة . ولنضرب مثلا لتوضيح هذه النقطة بمنطقة الميريا Almeria بأسبانيا الواقعة على البحر الأبيض المتوسط والتى تتمتع بأفضل مناخ لإنتاج الحاصلات مبكرا بأوروبا ، وهى المنطقة الوحيدة فى أوروبا الحالية من الصقيع وشتاؤها مشمس وبها ماء غزير جيد غير أنها لا تحتوى أرضا ، وبالرغم من ذلك ولزايها الأخرى الكثيرة فيها مساحة شامعة تبلغ نحو ١١ ألف هكتار من الحاصلات فى صوب بلاستيكية والأرض فى هذه الصوب أغلبها مغطى يرمل مستورد وتكافح العائلات المتوسطة لتنتج الحاصلات ، وإدخال الجيل

الثاني من تقنيات الغشاء المغذى في هذه المنطقة المزدهجة بالزراعة المحمية عن طريق مركز تكنولوجيا يزيل الأثر السوى الناتج عن ندرة التربة ويمنح العائلات الكثير من المزايا التي يتمتع بها الزراع الكبير ويحقق لألميريا أن تصير المورد الأساسي للمحاصيل الممتازة خلال الشتاء وأوائل الصيف لباقي أوروبا . ومن أجل ذلك أقامت Ariel Industries بالاتفاق مع Nutrient Film Tech. محطة للتجارب والإنتاج في ألميريا Almeria كما هي الحال في Sussex بإنجلترا .

ومراكز التكنولوجيا كما وصفناها يجب أن يكون لديها أكثر طرق إنتاج المحاصيل كفاءة وأحدث المعلومات لتخدم الزراع . ولتحقيق هذا الهدف فإن Ariel Industries قد استثمرت نحو ٢ مليون جنيه إنجليزي حتى الآن في دراسة وتطوير تقنيات الغشاء المغذى . ولما كان العديد من الدول النامية فقيرا في التربة الخصبة والماء الجيد والخبرة فإن الجيل الثاني من تقنيات الغشاء المغذى يمكنه التغلب على هذه المعوقات كما أن استمرار الرخاء الاقتصادي في الدول المتقدمة يعتمد على خلق قوة شرائية مناسبة في الدول النامية ويستطيع الجيل الثاني من تقنيات الغشاء المغذى أن يساهم مساهمة فعالة في كل ذلك .

المراجع

أولاً : المراجع العربية

- ١— ابراهيم ، وعاطف أحمد : مشاتل اكثار المحاصيل البستانية . منشأة المعارف ، الاسكندرية ١٩٨٧ ، جمهورية مصر العربية .
- ٢— الكنانى ، فيصل رشيد : زراعة الأنسجة والخلايا النباتية . دار الكتب للطباعة والنشر ، جامعة الموصل ١٩٨٧ ، العراق .
- ٣— بليغ ، عيد المنعم : خصوبة الأرض والتسميد . دار المطبوعات الجديدة ، الاسكندرية ، جمهورية مصر العربية .
- ٤— بليغ ، عبد المنعم ، على بليغ ، ماهر جورجى ، سيد خليل ، حميدة السعيد : الزراعة المحمية . دار المطبوعات الجديدة ، الاسكندرية ١٩٨٩ ، جمهورية مصر العربية .
- ٥— حسن ، أحمد عبد المنعم ، أساسيات إنتاج الخضر وتكنولوجيا الزراعات المكشوفة والمحمية « الصوبات » . الدار العربية للنشر والتوزيع ، ١٩٨٨ ، جمهورية مصر العربية .
- ٦— سمير نوف ومورافين : الكيمياء الزراعية . دار مير للطباعة والنشر ، ١٩٨١ ، موسكو .
- ٧— مجلة الزراعة العربية ، موضوعات متفرقة .
- ٨— ابراهيم حبيب ، سمير عبد الوهاب والشرينى عبد الرحمن : الزراعة المحمية — جامعة القاهرة ، التعليم المفتوح ، ١٩٩٣ .

ثانياً : المراجع الأجنبية

References :

- 1- Cooper, A. 1982. Nutrient film Technique. Grower Books, London.
- 2- Phillips, A.H., 1941, Gardoning without soil C.ARTHUR PEARSON LTD. Southampton street, London. W.C.2.
- 3- Y.A. Godin B.A. 1984, Agricultural chemistry, Translated from the Russian edition (1982), Mir Publishers, Moscow.
- 4- Nonomura, A.M. and A.A. Benson, 1992, the path of carbon in photosynthesis : Improved crop yields with methanol. Proc. Natl. Acad. Sci. USA Vol 89 : 9794-9798, 1992.

رقم الإيداع ٤٣٥٨ / ١٩٩٥
الترقيم الدولي I.S.B.N. 977-03-0005-0

مركز الدلتا للطباعة

٢٤ شارع الدلتا - اسبورتج

تليفون : ٥٩٥١٩٢٣

[illegible]

٦٣٦/٣٧